

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ ТА СИСТЕМ

До захисту допущено
В.о. завідувача кафедри

_____ Юлія ЯМНЕНКО
(підпис) (ім'я ПРИЗВИЩЕ)

" _____ " _____ 2020 р.

Дипломний проєкт

на здобуття першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Спеціальність 171 Електроніка
(код та назва спеціальності)

Спеціалізація Електронні прилади та пристрої

на тему: Система резервного енергозабезпечення приватного будинку на основі відновлювальних джерел енергії.

Виконав (-ла): студент (-ка) IV курсу, групи ДЕ – 62

Володимир ІЛЬЧЕНКО
(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

_____ (підпис)

Керівник доц., к.т.н Олександр ТЕРЛЕЦЬКИЙ
(посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРИЗВИЩЕ)

_____ (підпис)

Консультант Технічний розділ
(назва розділу) (посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРИЗВИЩЕ)

_____ (підпис)

Рецензент доцент каф. АМЕС, к.т.н., доцент В. ЛАЗЕБНИЙ
(посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРИЗВИЩЕ)

_____ (підпис)

Консультант
з нормоконтролю доц. к.т.н В'ячеслав ЧАДЮК
(посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРИЗВИЩЕ)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань

Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 року

№ з/п	Формат	Позначення			Найменування	Кількість аркушів	Примітка		
1					Завдання на дипломний проєкт	2			
2	A4	ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ			Пояснювальна записка	60			
3	A4	ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ			Summary	4			
4	A4	ДП.ДЕ62.04.000 ЕЗ			Схема електрична принципова	1			
5	A4	ДП.ДЕ62.04.000 ПЕЗ			Перелік елементів	2			
6	A4	ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ			Лістинг програми	6			

Затверд.	Юлія ЯМНЕНКО				
----------	--------------	--	--	--	--

**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”**

Факультет електроніки
(повна назва)

Кафедра електронних пристроїв та систем
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 171 Електроніка
(шифр і назва)

Спеціалізація Електронні прилади та пристрої

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Юлія ЯМНЕНКО
(підпис) (ім'я ПРІЗВИЩЕ)

" _____ " _____ 2020 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Ільченко ВОЛОДИМИР
(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

1. Тема проєкту Система резервного енергозабезпечення приватного будинку на основі відновлювальних джерел енергії

Керівник проєкту доц., к.т.н Олександр ТЕРЛЕЦЬКИЙ ,
(посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ)

затверджені наказом по університету від « 25 » травня 2020 року № 1196

2. Термін подання студентом проєкту 10 червня 2020 року

3. Вихідні дані до проєкту розробити систему резервного енергозабезпечення приватного будинку на основі відновлювальних джерел енергії

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити)
Розглянути питання енергозабезпечення приватного будинку: основні споживачі електроенергії, вимоги до якості електроенергії, загальна потужність енергоустановки. Обґрунтовано вибрати елементну базу для реалізації джерела резервного електрозабезпечення будинку, розглянути різні типи акумуляторних батарей і обґрунтовано вибрати для використання в системі енергозабезпечення приватного будинку. На підставі цього сформулювати технічне завдання на проектування енергоустановки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) презентація, додатки А, Б, креслення

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Ім'я ПРИЗВИЩЕ, посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Строки виконання етапів проєкту	Примітка
1	Огляд науково-технічної літератури та існуючих рішень на тему система резервного енергозабезпечення приватного будинку на основі відновлювальних джерел енергії.	13.04-20.04	
2	Розробка алгоритму роботи системи та розробка структурної схеми	17.04-30.04	
3	Огляд сучасної елементної бази	1.05-10.05	
4	Розробка функціональної схеми системи та електричної принципової схеми до МРРТ контролеру заряду АКБ	11.05-14.05	
5	Розробка конструкторської документації: друкованої плати та складального креслення	15.05-17.05	
6	Оформлення пояснювальної записки. Підготовка доповіді	18.05-10.06	

Студент

(підпис)

Володимир ІЛЬЧЕНКО
(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту

(підпис)

Олександр ТЕРЛЕЦЬКИЙ

(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

В дипломному проєкті представлено огляд науково – технічної літератури по видам альтернативних джерел, перераховано плюси та мінуси кожного з них, та наведено перспективи приватного використання. Аналітично описано роботу кожної станції, яка працює з допомогою альтернативних джерел енергії. Описано процес виникнення електричного струму в р – n переході під дією світла. Проведено аналіз параметрів AGM та GEL акумуляторів, які використовуються в якості резервного джерела живлення. Проведено порівняння полі та монокристалічних сонячних панелей, які використовуються в якості фотоелектричного перетворювача. Описано принцип роботи блоку АВР. Описано етапи підключення, та принцип роботи станції за умовами «зеленого тарифу». Приведені функціональні та структурні схеми системи резервного енергозабезпечення приватного будинку на основі відновлювальних джерел енергії. Розраховано потужність споживання будинку в світлий та темний час доби. В світлий час потужність споживання склала 2,7 кВт/год. В темний час доби потужність споживання склала 0,53 кВт/год. Беручи до уваги потужність споживання в темний час доби, було розраховано ємність блоку АКБ, яка склала 334 А*год. Описано принцип роботи MPPT алгоритму, на його основі спроектовано контролер зарядку блоку АКБ. Розроблено конструкторську документацію на пристрій, та систему. Розроблено електричну принципову схему та друковану плату контролеру заряду. Описано технологію виготовлення друкованої плати.

ANNOTATION

The diploma project presents a review of scientific and technical literature on the types of alternative sources, lists the pros and cons of each of them, and presents prospects for private use. The operation of each station, which works with the help of alternative energy sources, is analytically described. The process of electric current occurrence in p - n junction under the action of light is described. The parameters of AGM and GEL batteries used as a backup power supply are analyzed. A comparison of poly and single-crystal solar panels used as a photovoltaic converter is made. The principle of operation of the AVR unit is described. The stages of connection and the principle of operation of the station under the terms of the "green tariff" are described. Functional and structural schemes of the system of reserve power supply of a private house on the basis of renewable energy sources are given. The power consumption of the house in light and dark times of the day is calculated. In daylight, the power consumption was 2.7 kW / h. In the dark, the power consumption was 0.53 kW / h. Taking into account the power consumption in the dark, the capacity of the battery was calculated, which amounted to 334 A * h. The principle of operation of the MPPT algorithm is described, on its basis the battery charging controller is designed. Design documentation for the device and system has been developed. The electrical schematic diagram and printed circuit board of the charge controller are developed. The technology of PCB manufacturing is described.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ	5
ВСТУП	6
1. ТЕРЕОТИЧНІ ВІДОМОСТІ.....	8
1.1 Види джерел енергії	8
1.2 Біоенергетика	8
1.3 Вітроенергетика.....	11
1.3.1 Основні види ВЕУ	13
1.3.2 Будова та принцип роботи ротора Савоніуса	13
1.3.3 Будова та принцип роботи ротора Дар'є	14
1.4 Геотермальна енергія.....	17
1.5 Енергія сонця.....	19
1.5.1 Автономна сонячна електростанція (постійний струм, змінний струм DC/AC)	21
1.5.2 Мережева сонячна електростанція	22
1.5.3 Гібридна сонячна електростанція	22
1.6 Робота станції за умовами «зеленого тарифу»	23
ВИСНОВОК	24
2. СИСТЕМА РЕЗЕРВНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ НА ОСНОВІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	26
2.1 Підбір типу сонячної електростанції.....	27
2.2 Основні функціональні блоки сонячної електростанції	28
2.3 Етапи підключення зеленого тарифу	35
2.4 Розрахунок потужності споживання	36
2.4 Розрахунок потужності станції, та підбір елементної бази	38
2.5 Структурна схема системи резервного енергозабезпечення	39
2.6 Функціональна схема системи	40
ВИСНОВКИ.....	44

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ			
Змн.З	Арк.Ар	№ докум.№	ПідписПід	Дата				
Розроб.	Ільченко В. С.				Система резервного енергозабезпечення приватного будинку на основі відновлювальних джерел енергії	Літ.Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Терлецький О. В.						3	60
Реценз.						«КПІ ім. Ігоря Сікорського», ФЕЛ, ЕПС, гр. ДЕ62		
Н. Контр.	Чадей В.О.							
Затверд.	Ямненко Ю. С							

3. КОНСТРУКЦІЯ МРРТ КОНТРОЛЕР А ЗАРЯДУ БЛОКУ АКБ	45
3.1 Вибір елементної бази для реалізації функціональних блоків системи.....	45
3.2 Принцип роботи МРРТ алгоритму	49
3.3 Розробка принципової електричної схеми.....	49
3.3.1 Принцип роботи Busk конвертера.....	51
3.3.2 Розрахунок параметрів для busk конвертера.....	53
3.4 Розробка друкованої плати МРРЕ контролеру заряду блоку АКБ.....	55
ВИСНОКИ	61
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	63
Додаток А. Перелік елементів	
Додаток Б. Схема електрична принципова	
Додаток В. Лістинг програми	
Summary	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ

ТЕС – теплова електростанція

АЕС – атомна електростанція

ВЕУ – вітроенергетична установка

ККД – коефіцієнт корисної дії

АКБ – акумуляторна батарея

КВЕВ – коефіцієнт використання енергії вітру

ГеоЕС – геотермальна електростанція

НП – напівпровідник

p-n перехід – область дотику двох НП з різними типами провідностей

DC – постійний струм

AC – змінний струм

AGM – Absorbent Glass Mat

PWP – Power Width Modulation

MPPT – Maximum Power Point Tracking

ABP – автоматичне реле вибору

SPI – Serial Print Interface

IGBT – Insulated Gate Bipolar Transistor

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Альтернативні джерела енергії – енергія із відновлюваних, або невичерпних енергетичних ресурсів. Принцип використання відновлюваної енергії полягає в її генеруванні за допомогою процесів, які постійно відбуваються в навколишньому середовищі. Таку енергію отримують із природних ресурсів, таких як: сонячне світло, приливи та відливи, геотермальні води, енергія вітру, водяні потоки, які являються відновлювальними. Даний вид енергії має перспективи розвитку в найближчому майбутньому, так як використання невідновлюваних джерел енергії тягне за собою багато негативних наслідків. Основним мінусом являється вичерпність ресурсів, та забруднення навколишнього середовища. Викиди в атмосферу з ТЕС та АЕС забруднюють атмосферу, що призводить до парникового ефекту, а він в свою чергу до підвищення середньої температури на планеті [1].

Великим плюсом використання «зеленої» енергії є те, що відсутні будь які викиди в екосферу. На законодавчому рівні стимульовано виробництво електроенергії, з альтернативних джерел, за «зеленим» тарифом. Згідно Закону України «Про електроенергетику» № 575/97-ВР від 16.10.1997, «зелений» тариф є спеціальним тарифом по якому відбувається закупка електроенергії, вироблена з використанням альтернативних джерел електроенергії [2]. Можливість продажу по «зеленому» тарифу напряму споживачам, забезпечується завдяки використанню двонаправленого лічильника. Його основна задача рахувати різницю в енергії отриманої від ЛЕП, та енергією яка була перенаправлена в мережу.

Для забезпечення електроживленням приватних будівель, застосовують спеціальні лінії передач. Вона складається із багатьох елементів, які при правильній роботі забезпечують електроживленням навіть самі віддалені будинки. ЛЕП складається із таких основних елементів: електростанція, підвищувальний трансформатор, вислковольтні лінії передач, понижуючий трансформатор, лінія електропередачі 220 В.

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліком розглянуто системи є часті обриви ліній, та неможливість електрозабезпечення віддалених будівель. Для вирішення цієї проблеми існують безперебійні системи живлення. Це можуть бути системи, головним енергетичним ресурсом яких є дизельне паливо (так звані генераторні джерела енергії), або системи на основі відновлюваних джерел енергії. При використанні генераторних систем з'являється проблема з шкідливими викидами в атмосферу, великий коефіцієнт шуму і постійне забезпечення генератору паливом. Постійно системи даного типу недоцільно використовувати, тому вибір падає на системи, які працюють на основі відновлюваних джерел енергії. Для приватного застосування найбільш поширеними являються вітрогенератори, та електростанції на сонячній енергії. Ефективність використання кожної з них розглянемо протягом роботи.

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕРЕОТИЧНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Види джерел енергії

На сьогоднішній день існує два основні джерела енергії, вони поділяються на традиційні та альтернативні. До традиційних відносять викопні корисні копалини – вугілля, нафта та природний газ. Основний недолік полягає в тому, що навіть найбагатші родовища вичерпають себе через декілька сотень років, а можливості їх відновлення не існує. Другим за порядком, але не за значимістю, є вплив на екологію. Під час спалювання викопного палива в атмосферу викидається велика кількість парникових газів, які в свою чергу порушують кліматичний баланс, що веде до непоправних наслідків. Тому питання альтернативних джерел стоїть достатньо гостро, так як це єдиний доступний спосіб знизити темпи кліматичних змін. На сьогоднішній день існують такі екологічно чисті джерела енергії:

- біоенергетика;
- вітроенергетика;
- геотермальна енергія;
- енергія сонця [1].

1.2 Біоенергетика

Біоенергетика – галузь енергетики яка базується на виробництві енергії з біопалива різних видів. Біоенергетикою вважається виробництво енергії як із твердих видів біопалива, так і з біогазу та рідкого біопалива різноманітного походження.

Біопаливо – паливо із рослинної або тваринної сировини, із продуктів життєдіяльності організмів або органічних промислових відходів. Розрізняють три види біопалива: тверде, рідке, газоподібне.

Біогаз – газ отриманий водневим або метановим бродінням біомаси. Метановий розклад біомаси можливий під впливом трьох видів бактерій:

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гідролізні, кислотоутворюючі та метаноутворюючі. Найпоширенішим різновидом біогазу є біоводень.

Біомаса – біологічно відновлювана речовина органічного походження, яка зазнає біологічного розкладу. Зазвичай біомасою вважають: відходи сільськогосподарських підприємств, лісового господарства, а також органічна частина промислових та побутових відходів. Найефективнішими технологіями використання біомаси в біоенергетиці є: піроліз, анаеробна ферментація з утворенням одноатомних спиртів, виробництво масел для отримання моторного палива, газифікація, пряме спалювання.

Біоводень – різновид біопалива, який отримується з біомаси за допомогою метаноутворюючих бактерій, бактерій кінцевим продуктом життєдіяльності яких є водень, а не метан. Має дуже велику перевагу перед викопними джерелами. Він відновлюваний, бактерії можна використовувати декілька разів, обмежуючи виробничий цикл тільки сировиною яка переробляється. Енергоефективність набагато вища чим в природнього газу і викопного вугілля, так як при згоранні виділяється майже в три рази більше енергії. Ще не мало важно те, що він екологічно чистий, при згоранні не утворюється токсичних речовин.

Основним недоліком газоподібного біопалива є дороговизна його транспортування. Так як транспортують його лише в невеликих кількостях, тому що навіть при високому тиску його щільність настільки низька, що його вага буде складати тільки 2 % від всієї маси. При цьому вартість транспортування різко збільшується.

Тверде біопаливо – паливо, яке складається із твердих органічних сполук, найчастіше дрова та залишки від деревообробних підприємств. З недавніх пір у світі для виробництва дров вирощують енергетичні ліса, які складаються із швидкозростаючих порід дерев (тополя, евкаліпт і т. д.).

Існують такі види рідкого біопалива: рослинні оливи, біоетанол, біобутанол, біометанол, вуглеводні, диметилловий ефір та біодизельне пальне [3].

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Біоетанол – це висококонцентрований спирт з двома атомами карбону (C_2H_5OH), другий представник гомологічного одноатомних спиртів, отримується в процесі переробки рослинної сировини для використання в якості біопалива. В промислових масштабах біоетанол виробляють із кукурудзи та цукрової тростини. Сировиною також можуть бути різні сільськогосподарські культури з великим вмістом цукру або крохмалю (картопля, цукровий буряк, різні зернові культури).

Процес одержання біологічного спирту достатньо складний, так як йому передуює велика кількість технологічних операцій, зв'язаних з виділенням окремих компонентів із зерна: крохмалю, клітковини, глютену, у водному середовищі. Здебільшого технологічні процеси схожі з процесом виробництва харчового спирту. На відміну від звичайного спирту, біоетанол, в своєму складі, майже не містить води (концентрація $\approx 99,8\%$) [4].

Таблиця 1.1

Енергоефективність виробництва біоетанолу із різних сільськогосподарських культур

Сировина	Вихід спирту з 1 т сировини, л	Вихід спирту, л/га
Пшениця	400	1800
Картопля	120	2200
Цукрова тростина	90	4000
Цукровий буряк	100	4500
Кукурудза	400	2000

Біобутанол – спирт з чотирма атомами карбону (C_4H_9OH), четвертий представник гомологічного ряду одноатомних спиртів. Основна перевага перед біоетаном: більш калорійний і менше затратний при виробництві. Також можна виділити наступні переваги:

- безпечніший у використанні, оскільки в шість разів менше випаровується, і в 13,5 разів менш летючий в порівнянні з бензином;

- корозійні властивості набагато менші ніж в біоетанолу, що дає можливість транспортування по існуючим паливним трубопроводам;
- завдяки низькому тиску парів, легко змішується з звичайним бензином;

Сировиною для виробництва бутанолу так як і етанолу є сільськогосподарські культури з великим вмістом крохмалю та цукру [5].

Біометанол – різновид рідкого біопалива, перший представник гомологічного ряду одноатомних спиртів. Основна потужність виробництва зосереджена на культивуванні фітопланктону в спеціальних водоймах. Переваги цього методу полягають в тому, що при виробництві палива не використовується ґрунт і прісна вода. Також фітопланктон має високу продуктивність (близько 100 т/га в рік), та хорошу енерговіддачу. Як і інші види одноатомних спиртів, існують як плюси так і мінуси використання. До плюсів можна віднести малий викид вуглекислого газу в атмосферу, утилізація органічних відходів та продуктів життєдіяльності тварин. Недоліки використання даної паливної суміші полягають в тому, що метанол негативно впливає на технічний стан двигуна. Раціонально використовувати його у якості паливних елементів на даний момент неможливо [6].

Біогазова установка представляє собою сучасний комплексний біореактор, що працює з низькими витратами та з високою ефективністю. Фактично такі установки скорочують цикл розкладу складних органічних речовин на більш прості, з виділенням біогазу, який утворюється в процесі бродіння [7].

1.3 Вітроенергетика

Енергію вітру відносять до альтернативних джерел енергії, так як вплив вітрогенераторів будь-якого виду на екосистему планети відсутній. Вітроенергетика, як один із основних видів «зеленої» енергії, активно розвивається протягом останнього десятиліття. На початок 2016 року загальна встановлена потужність всіх вітрогенераторів склала 432 ГВт, для порівняння,

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

установлена потужність всіх атомних електростанцій на початок 2016 року склала 394ГВт [8].

Вітрогенератор – прилад для перетворення кінетичної енергії повітряного потоку в механічну енергію обертання ротора з подальшим перетворенням в електричну енергію. Основною характеристикою такого типу генераторів, є потужність.

Потужність вітрогенератора залежить від потужності повітряного потоку (N), яка визначається швидкістю вітру і площею лопаті

$$N = \frac{\rho S V^3}{2},$$

де: V – швидкість вітру, ρ – щільність повітря, S – площа лопаті.

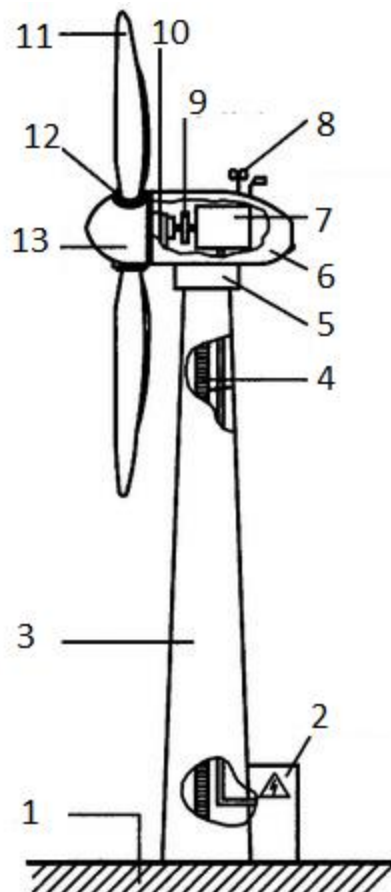


Рис. 1.1 Конструкція ВЕУ

1 – фундамент; 2 – щиток з силовими елементами; 3 – щогла; 4 – драбина; 5 – поворотний механізм; 6 – гондола; 7 – електричний генератор; 8 – система спостереження за напрямом та швидкістю вітру; 9 – гальмівна

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

система; 10 – трансмісія; 11 – лопаті; 12 – система зміни кута атаки лопаті; 13 – кришка ротора [9].

1.3.1 Основні види ВЕУ

Існують різні за конструкцією моделі вітрогенераторів, різної потужності, але основна класифікація за геометрією обертання основної осі ротора.

1. Вертикальний тип – турбіна генератора розташована перпендикулярно до поверхні на якій розміщено ВЕУ. Переваги даного виду: починає працювати при невеликій швидкості вітру.
2. Горизонтальний тип – вісь ротора обертання паралельно поверхні на якій розміщено ВЕУ. Переваги даного виду: має велику потужність перетворення кінетичної енергії вітру в постійний та змінний струм. ККД на 5-10 % вищий, ніж у вертикальних.

Найпоширенішими генераторами вертикального типу є генератори з ротором Савоніуса, Дар'є та його модифікації [10].

1.3.2 Будова та принцип роботи ротора Савоніуса

Ротор Савоніуса – конструкція з вертикальною віссю обертання. Лопаті даного ротора представляють собою два, на практиці застосовуються конструкції з більшою кількістю, напівциліндра з'єднаних між собою. Завдяки цьому збільшується робоча площа поверхні, що в свою чергу збільшує загальну потужність генератору. Така конструкція обумовлена тим, що потоки вітру, які потрапляють на випуклу частину лопаті, завдяки її заокругленій формі діляться на дві частини. Одна потрапляє на робочу сторону і сприяє збільшенню швидкості обертання, інша відводиться в сторону. Даний ефект проявляється тільки в конструкції з двома діаметрально розташованими лопатями.

Перевагами даного ротора є: працює при будь якому напрямку вітру; низький рівень шуму, в порівнянні з роторами горизонтального типу; простора конструкції; компактні розміри.

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліками даного ротора є: неможливість самозапуску із за великого тиску повітря на тильну сторону лопаті; невелика потужність; втрата ефективності перетворення енергії при великих швидкостях вітру [11].

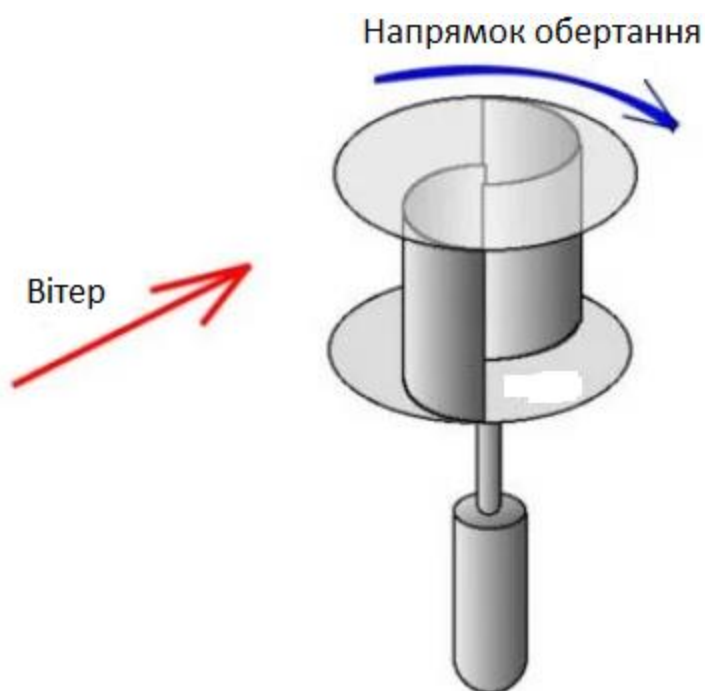


Рис 1.2 Схематична модель ротора Савоніуса

1.3.3 Будова та принцип роботи ротора Дар'є

Ротор Дар'є – тип турбіни низького тиску, вісь обертання якої перпендикулярна потоку рідини або газу. Ротор складається із двох, або декількох, аеродинамічних крил закріплених на балках, які симетрично розташовані на осі обертання. Загальний принцип роботи ротора відомий, але не існує точної математичної моделі, та послідовно описаних фізичних процесів через сильно нестационарний характер обтікання лопатей (число Струхаля) і велике число Рейнольдса.

Принцип роботи заснований на різності аеродинамічних показників. На кожне крило діє підймальна сила відносно потоку вітру. Показники сили залежать від кута, який утворюється між крилом і величиною швидкості вітру.

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

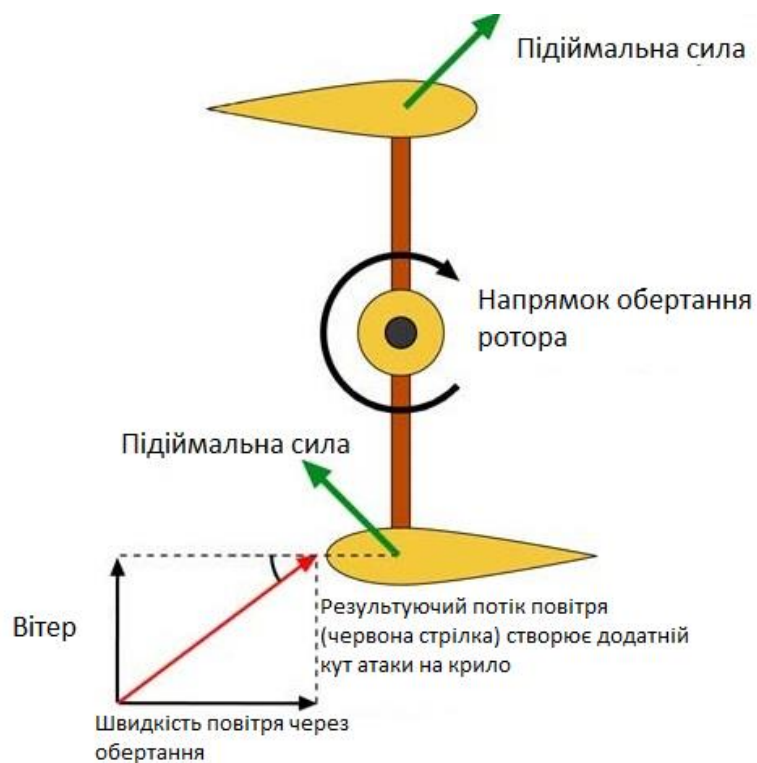


Рис. 1.3 Принцип роботи ротора Дар'є

Для зміни кута атаки крила застосовується два методи регулювання: пасивний та активний. При пасивному методі вибір кута проводиться на основі чисельного та експериментального дослідження. Активний метод заснований на зміні значення кута для кожної лопаті при обертанні.



Рис. 1.4 Зміна кута атаки лопаті [12].

Переваги ВЕУ вертикального типу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ

Арк.

15

1. Використання генераторів можливо навіть при дуже малих швидкостях вітру;
2. Працюють при різних напрямках вітру, тим самим не потребує системи спостереження за напрямом вітру;
3. Установлюються на невисокій щоглі, що дає можливість обслуговувати системи на землі;
4. Шум в межах 40 дБл;

Недоліки ВЕУ вертикального типу

1. Невисока швидкість обертання ротора, як наслідок мала потужність;
2. Неспроможні до самозапуску;
3. Складні та дорогі в виробництві;

Горизонтальна ВЕУ

Являються найпоширенішим видом ВЕУ. Через великі габарити, робоча висота коливається між 25 і 180 м, та дороговизну конструкції, неможливо використовувати на обмеженому просторі. В залежності від висоти щогли, та швидкості повітряного потоку, потужність коливається в межах від 100 кВт до 5МВт.

Принцип роботи

1. Вітер обертає лопаті, тим самим передає крутячий момент через редуктор на вал генератора;
2. При обертанні валу генератора створюється трифазний струм;
3. Через контролер, отриманий струм потрапляє в АКБ. Акумулятор використовують задля створення стабільності роботи вітрогенератора. Контролер використовують для контролювання перезаряду акумулятора. За необхідності зайва енергія перерозподіляється на резистор з великим номіналом;
4. Для захисту від ураганних вітрів використовується система відведення віпроколеса від вітру, або гальмування віпроколеса електрогальмом;
5. На виході з АКБ встановлюють інвертор. Пристрій для перетворення постійного струму в змінний;

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевагами даного типу установки є: мають високий попит на ринку, виробляють енергію потужністю до 7 МВт, завдяки великій енергії мають великий крутячий момент, в процесі експлуатації відсутні будь-які небезпечні або шкідливі відходи [13].

Недоліки даного типу ВЕУ: змінний напрямок та сила вітру, внаслідок чого потрібне додаткове джерело енергії, висока початкова ціна, високий коефіцієнт шуму, що унеможливорює установку ВЕУ поблизу житлових масивів, через високу швидкість обертання лопатей потенційно небезпечні для птахів.



Рис. 1.5 Енергетична карта вітрів України

Як видно з Рис. 1.7, найперспективнішими областями для використання ВЕУ є гірські масиви Карпат, степові області центральної та східної частини України, Приазов'я та Причорномор'я [14].

1.4 Геотермальна енергія

Геотермальна енергія – одне із відновлюваних джерел енергії, процес радіоактивного розпаду урану, калію і торію, який проходить в надрах землі, нагріває сухі гірські породи, ґрунт, сателітні підземні води до температури $\approx 200 - 270^{\circ}\text{C}$. Такий природний потенціал має великі перспективи в енергетиці, так як перебіг ядерних реакцій в Земному ядрі майже нескінченний, що в свою чергу може забезпечити людство екологічно чистою енергією.

Геотермальна енергетика – напрям енергетики, заснований на використанні теплової енергії надр Землі для виробництва на геотермальних електростанціях електричної енергії. В більшості випадків для отримання електроенергії використовують геотермальні води, температури яких перевищує 100°C . В залежності від агрегатного стану теплоносія і його температури застосовують ту чи іншу схему геоЕС [15].

Найбільше поширення набули такі види геоЕС: пряма схема використання сухої (геотермальної) пари, непряма схема, на основі гідротермальної води,

Геотермальні електростанції мають багато переваг, а саме:

- Відносно екологічно чисті. В порівнянні з вугільними електростанціями, кількість парникових газів складає лише 5 % ;
- Практично безкінечне джерело енергоресурсу;
- Низькі експлуатаційні витрати;
- Постійне енергопостачання. Виробництво електроенергії на ГеоЕС не залежить від пори року, регіону розміщення та погодних умов;
- Низький коефіцієнт шуму

До недоліків можна віднести:

- Екологічні проблеми. Токсичність енергоносія та парникових газів геотермальних вод, при неякісній очистці та порушеній технології утилізації, можуть нанести непоправиму шкоду екосистемі регіону. Підвищене використання прісної води, в довгостроковій перспективі веде до дефіциту;

- Сейсмічна нестабільність. Геотермальні комплекси викликають підземні поштовхи малої амплітуди, які несуть потенційну небезпеку для інфраструктури, та персоналу;
- Великі інвестиційні затрати [16].

1.5 Енергія сонця

Сонячна енергія – енергія від Сонця, у вигляді світла та сонячної радіації, яка безперервно надходить до поверхні Землі. Середньорічна сумарна енергія сонячного випромінювання, яка щорічно надходить, коливається в межах 1100-1500 кВт*год/м². Акумуляування сонячної енергії, на даний момент, є найбільш перспективним напрямком розвитку альтернативних джерел енергії.

Сонячна панель – напівпровідниковий пристрій, який перетворює світлову енергію сонця в постійний електричний струм.

Принцип роботи будь – якої сонячної панелі базується на фотогальванічному ефекті. Фотогальванічним ефектом називають виникнення електрорушійної сили при освітленні електро – діркового переходу і ділянок НП, що примикають до нього. Потік падаючих на НП фотонів створює в ньому деяку кількість рухомих носіїв заряду – електронів і дірок. Деяка частина носіїв заряду, дифундуючи до границі переходу, не встигають рекомбінувати. На границі переходу електронно – діркові пари розділяються прискорюючим електричним полем переходу, тим самим перекидаються цим полем за перехід: електрони в n – області, а дірки в р – області. Електричне поле переходу затримує основні носії заряду у своїй області, тим самим створюючи нагромадження не скомпенсованих носіїв заряду на переході, тим самим створюється додаткова різниця потенціалів під назвою фото – електрорушійна сила. Її величина, головним чином, залежить від інтенсивності світлового потоку. Якщо при виникненні фото – електрорушійної сили замкнути р – n перехід, то в ньому створюється електричний струм, сила якого залежить від величини потужності світлового випромінювання, та величини опору навантаження.

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

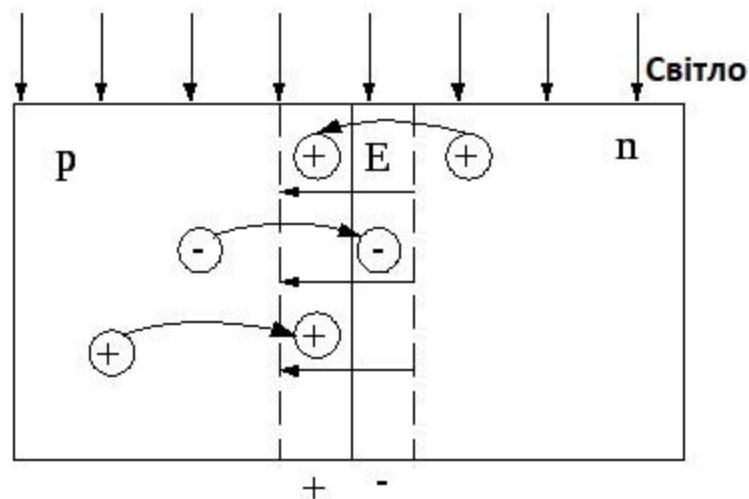


Рис. 1.6 Принцип виникнення фото – електрорушійної сили [17].

Існує велика різноманітність сонячних панелей. Принцип їхньої роботи не відрізняється, головна різниця між ними це різна технологія виробництва, різні напівпровідникові матеріали, які служать основним перетворюючим елементом, та різний ККД. Найбільш поширені технології виробництва фотоелементів:

1. Кристалічні фотоелементи
 - А) Монокристалічні
 - Б) Полікристалічні
2. Тонкоплівкові фотоелементи
 - А) з використанням аморфного кремнію
 - Б) з використанням CdTe
 - В) з використанням диселеніда індію і міді

Монокристалічні структури сонячних елементів вирощуються за допомогою методу Чохральського з розплавленого полікристалічного кремнію. Початковий кристал занурюється в кремнієво – боровий розплав, після чого слідує процес повільного діставання початкового кристалу з розплаву. Швидкість діставання лежить в межах 1-20 мм/год. Даним методом отримуються монокристали з заданою кристалографічною орієнтацією. Після вирощування, монокристал легують фосфором для створення р – п переходу, наносять струмопровідні доріжки. Дороговизна методу обумовлена високим ККД (18 – 22 %).

Процес виготовлення полікристалічних фотоелементів відрізняється тим, що кремнієво – боровий розплав рівномірно охолоджується. При охолодженні формується односпрямовані гомогенні кристали різного розміру. Отриманий блок полікристалів обробляється аналогічно монокристалічній структурі. Процес вирощування дешевше, але ККД нижче (13 – 16 %).

Технологія виробництва тонкоплівкових фотоелементів дещо відрізняється: для створення р – n переходу матеріали легують фосфором, сіркою або галієм. В якості аноду використовується напилення з молібдену, оксиди олова, галію чи цинку. Катодом слугують металеві пластини. Основний недолік таких сонячних фотоелементів мале значення ККД (8 – 11 %). Також сильно залежні від погодних умов, так як металізація катоду і аноду схильна до корозії, малий час експлуатації [18].

Сонячна електростанція – система, призначена для перетворення сонячної енергії в електричну (постійний або змінний струм). Найпоширеніший тип сонячних електростанцій заснований на використанні плоских полі або монокристалічних фотоелектричних модулів. Найбільшого поширення набули наступні види електростанцій: автономна (постійний струм, DC), автономна (змінний струм, AC), мережева (змінний струм, AC), гібридна (змінний струм, AC).

1.5.1 Автономна сонячна електростанція (постійний струм, змінний струм DC/AC)

Принцип роботи: сонячне світло перетворюється в постійний електричний струм за допомогою сонячних панелей, які підключені до контролерів заряду АКБ. В період активності сонця, електрична енергія накопичується в АКБ, після чого може використовуватись споживачами постійного струму. Данна система призначена для автономного вуличного освітлення, для живлення охоронних систем та телекомунікаційних установок. Робота в умовах «зеленого тарифу» неможлива. При необхідності живлення електроприладів змінним струмом, на виході з АКБ встановлюється DC/AC інвертор.

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5.2 Мережева сонячна електростанція

Принцип роботи: вироблений постійний струм сонячними батареями поступає на вхід інвертора, який перетворює постійний струм в змінний. Вихід інвертора підключений до зовнішньої мережі змінного струму і до користувачів. Електростанція працює в тому випадку, коли в струм з зовнішньої електричної мережі надходить до користувачів, а також напруга в мережі повинна знаходитись в робочому діапазоні інвертора. В світлий період доби, коли споживання електроенергії мінімальне, надлишок електроенергії передається в мережу за умовами «зеленого тарифу». В нічний і вечірній час доби, енергія надходить з зовнішньої мережі. Таким чином, даний вид електростанцій дозволяє зменшити витрати за електроенергію. При установці достатнього масиву панелей, дозволяє отримувати прибуток на продажі електроенергії, через позитивну різницю виробленої та спожитої електроенергії.

1.5.3 Гібридна сонячна електростанція

Сонячні батареї підключені до мережевого інвертора DC/AC. Зовнішня мережа змінного струму, та блок АКБ підключається на вхід гібридного інвертора. Виходи із мережевого інвертора сонячних батарей, та гібридного інвертора об'єднані через розподільчий щит. Одночасне використання двох інверторів забезпечує наступними перевагами: електростанція працює навіть при відсутності змінного струму в зовнішній мережі, користувачу доступно три режиму роботи.

Автономна електростанція. Згенерований електричний струм накопичується в акумуляторах: мережевий інвертор подає змінний струм на вхід гібридного інвертора, який заряджає блок АКБ. Надлишок віддається в мережу змінного струму за умовами «зеленого тарифу». Для такого режиму потрібно встановити велику кількість сонячних батарей, щоб забезпечити достатню кількість електроенергії для зарядки блоку АКБ.

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Змішане електроживлення. В даному випадку допускається розрядка АКБ, після чого електроживлення буде провадитись тільки від зовнішньої мережі змінного струму. Інвертор з виходу сонячних батарей заряджає АКБ.

Резервне електроживлення. Схема налаштована таким чином, що розрядка блоку АКБ можлива тільки в тому випадку, коли відсутня напруга в зовнішній мережі [19].

Великого поширення серед приватних домогосподарств, фотоелектричне устаткування, набуло після прийняття так званого «зеленого тарифу». Згідно з законом № 2019 – VIII від 13.04.2017 про альтернативні джерела енергії, «зелений тариф» - спеціальний тариф, за яким закуповується електрична енергія, вироблена на об'єктах електроенергетики з альтернативних джерел енергії. Продаж надлишку електроенергії по «зеленому тарифу» можливий тільки в тому випадку, якщо загальна потужність установки не перевищує 150 кВт. Ціна за кіловат електроенергії встановлюється на рівні роздрібного тарифу для споживачі другого класу напруги [2].

До переваг сонячних електростанцій можна віднести: екологічно чисті, відсутній будь який шум при роботі станції, потенційно великі потужності виробництва. До недоліків можна віднести: низький ККД, пряма залежність від погодних умов.

1.6 Робота станції за умовами «зеленого тарифу»

Однією із головних переваг приватних електростанцій є те, що вони можуть забезпечувати автономну роботу всього будинку, тобто відмовитись від використання електроенергії від ЛЕП. А також продавати зайву електроенергію за умовами «зеленого тарифу». Як було описано вище «зелений тариф» спеціальний тариф за умовами якого будь – яка особа може продавати різницю електроенергії за встановленим тарифом. Для більш детального уявлення про алгоритм роботи електростанції за умовами «зеленого тарифу» опишемо етапи підключення та головні умови.

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«Зелений тариф» не починає працювати автоматично після підключення станції до ЛЕП, або після укладання договору на продаж електроенергії. На встановлення тарифу мають право електростанції, які введені в експлуатацію та підключені до енергосистеми. Остаточний тариф укладається після отримання ліцензії на виробіток електроенергії. Для укладання тарифу повинні бути зібрані наступні документи:

- 1) «довіреність на представництво інтересів виробника (за необхідності);
- 2) пояснювальна записка з детальною інформацією про суб'єкт господарювання (форма власності підприємства, встановлені потужності генеруючого обладнання, характеристики генеруючого обладнання);
- 3) розрахунок витрат на виробництво електроенергії за встановленою формою;
- 4) обґрунтування статей та елементів витрат на виробництво (копії договорів, розрахунок витрат, пояснення до розрахунку, довідка про балансову вартість основних засобів станом на дату подання заяви);
- 5) пояснювальна записка до робочого проекту будівництва електростанцій;
- 6) копії технічних умов на підключення нових установок виробника електроенергії;
- 7) зареєстрована декларація про готовність об'єкта будівництва до експлуатації або свідоцтво, видане на підставі акта готовності до експлуатації;
- 8) копія розрахунку бюджету на реконструкцію, модернізацію й технічне переоснащення за рахунок власних або залучених коштів» [22].

ВИСНОВОК

1. Питання енергетики, та екології в останні роки стоїть дуже гостро. Запасів викопних горючих корисних копалин з кожним роком стає все менше. На допомогу прийшли альтернативні джерела енергії, в більшості випадків нескінченні або відновлювані, які не наносять шкоди екосистемі. Вище були

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приведені існуючі на сьогодні установки для отримання електроенергії альтернативним методом. Кожен вид установки має свої позитивні та негативні сторони.

2. Біоенергетичні установки найменш поширений вид установок. Через складність технології збродження біомаси для отримання біогазу, та його подальшого транспортування.
3. За останні роки розвиток вітроенергетики пришвидшив свої темпи через те, що з'явилися нові види вітрогенераторів великої потужності, які в сприятливих для них регіонах можуть повністю забезпечити електроенергією невелике за розміром місто.
4. Велика ефективність геотермальних електростанцій в країнах Скандинавського півострову пробудила інтерес до них.
5. Сонячна енергія використовується у всіх аспектах життєдіяльності людини. Починаючи від космічних станцій, закінчуючи сільськогосподарськими роботами. Це було одним із головним чинником розвитку сонячної енергетики.
6. Проаналізувавши всі переваги та недоліки установок для виробництва електроенергії з альтернативних джерел, визначено, що найбільш привабливим видом електростанції, являється установка на сонячних батареях. Так як мало факторів які впливають на роботу станції, простота експлуатації, порівняно невелика ціна.

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. СИСТЕМА РЕЗЕРВНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ НА ОСНОВІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Загальна кількість невідновлюваних природних ресурсів зменшується з кожним роком, пов'язано це з високим темпом індустріалізації, який потребує великої кількості енергоресурсів. Уже через порівняно невеликий проміжок часу ціна на них зросте в декілька разів, а через декілька десятиліть поняття викопне паливо зовсім зникне. Питання альтернативних джерел енергії, на даний момент часу, стоїть достатньо гостро, так як ціна на природні енергоресурси зростає з кожним роком. Уже зараз можна з упевненістю сказати яке із джерел найбільш перспективне та доступне в використанні. На основі проведеного в попередньому розділі аналізу альтернативних джерел енергії, було визначено, що найбільш приваблива за співвідношенням ціна/якість є енергетична установка на основі сонячної енергії. Так як з кожним роком технологія фотогальванічних перетворювачів удосконалюється, також немаловажним фактором є те, що існує різноманітність вибору перетворювачів, що дозволяє побудувати електричну станцію з заздалегідь визначеними параметрами. Для отримання максимальної вигоди та додаткового джерела прибутку, доцільно будувати повністю незалежну установку, яка зможе забезпечити електроенергією приватний будинок. Джерелом додаткового прибутку в цьому випадку слугує вигідний продаж різниці спожитої/виробленої електроенергії за умовами «зеленого тарифу».

Розроблювана система резервного енергозабезпечення повинна задовольняти декілька вимог, які перед нею ставляться, а саме:

- забезпечити повну енергонезалежність від зовнішньої ЛЕП;
- в разі аварійної ситуації, в результаті якої зникло живлення від ЛЕП, забезпечити живлення приладів з резервного джерела;
- резервне джерело повинне забезпечувати живлення приладів протягом однієї доби;

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- система повинна забезпечувати живлення мережею змінного струму з частотою 50 Гц, та номінальною напругою 220 В;
- перехід на резервне джерело живлення повинен проходити автоматично;
- повинна бути підключена таким чином, щоб могла працювати за умовами «зеленого тарифу».

Проаналізувавши наведені вище вимоги, наведемо параметри системи які потрібно розрахувати.

- номінальна потужність системи;
- потужність споживачів в світлий час доби;
- потужність споживачів в темний час доби;
- ємність акумуляторної батареї;
- кількість фотогальванічних елементів

2.1 Підбір типу сонячної електростанції

Існує три основних причини побудови приватних станцій на основі відновлюваних джерел енергії. По перше: це зменшення витрат на електроенергію за рахунок комбінованого використання електроенергії від лінії електропередачі та власної енергії отриманої від сонячних панелей (автономна сонячна електростанція) . По друге: отримання вигоди від продажу всієї виробленої електроенергії за умовами «зеленого тарифу» (так звана мережева сонячна електростанція). Та третя причина побудови електростанції : можливість покривати власні витрати електроенергії за рахунок прямої подачі від фотоелектричних перетворювачів, та блоку акумуляторних батарей, які заряджаються від сонячних панелей, електричної енергії. Та продаж різниці між виробленою та спожитою енергією за умовами «зеленого тарифу» (гібридна сонячна електростанція). Найбільш привабливим варіантом є гібридні сонячні електростанції, так як при будь – якій умові (обрив лінії електропередачі, похмура погода, тощо) будинок буде забезпечений електроенергією, за рахунок блоку АКБ, велика варіативність роботи станції завдяки гібридному інвертору.

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Але основним недоліком даного типу є висока ціна, що в свою чергу збільшить час, за який система повністю окупиться.

2.2 Основні функціональні блоки сонячної електростанції

Важливим елементом системи резервного енергозабезпечення являється блок АКБ. Від вірного вибору типу та ємності батареї залежить тривалість автономної роботи, кількість циклів заряду – розряду акумулятора. Система резервного живлення на сонячних елементах, через особливості конструкції та нестабільних погодних умов, вимагає використання АКБ які стійкі до повних або часткових розрядів, з підвищеною кількістю циклів заряджання, та можливістю заряду порівняно великими напругами. Використання АКБ з рідким електролітом недоцільне, так як вони чутливі до повного розряду, мала кількість циклів заряду, як наслідок малий термін експлуатації, небезпечні в використанні, із-за негерметичності конструкції [23].

Для систем подібного роду використовується акумулятори, виготовлені за технологіями AGM (мультигелеєві) та GEL (гелеєві). AGM технологія виготовлення свинцево – кислотних акумуляторів. Основна особливість в тому, що замість рідкого електроліту, використовується абсорбований. AGM (absorbent glass mat) – скловолоконний матеріал, виконуючий функцію резервуару для електроліту та сепаратора, електрично розділяє позитивну і негативну частину пластини.

Акумулятори, виготовлені за AGM технологією, виготовляється в спіральній або плоскій конфігурації. Спіральні елементи мають більшу площу поверхневого контакту, завдяки чому короткочасно видає більший струм, і швидше заряджається. Але в порівнянні з пласкою конфігурацією мають менше співвідношення електричної ємності та розмірів. Перевагами є: стійкість до вібрацій, відсутність необхідності обслуговувати, установка практично в будь – якому положенні, збільшене число циклів зарядки – розрядки, в порівнянні з GEL АКБ швидше заряджаються. Недоліками є: великі габарити та вага, напруга не

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повинна впасти нижче 1,8 В на один елемент, в противному випадку значно зменшується ємність батареї, вища ціна в порівнянні з акумуляторами з рідким електролітом.

GEL технологія – між парами негативно і позитивно заряджених пластин замість електроліту заливається спеціальний гель, який після застигання перетворюється в тверде тіло з безліччю пор. Пори затримують в собі електроліт, завдяки чому вся площа пластин, і простір між ними заповнений електролітом, що забезпечує подовжений строк служби батареї. Даний тип АКБ володіє всіма перевагами батарей виготовлених за AGM технологією, але з збільшеним часом експлуатації.

Таблиця 2.1

Відмінності AGM та GEL акумуляторних батарей

Показник	AGM	GEL
Циклічний ресурс	Близько 300 циклів	Близько 600 циклів
Перегрів	Може викликати порушення цілісності.	Не критичний
Повне розрядження	Максимальна величина розряду не більше 30%.	Із – за в'язкого електроліту підвищена стійкість до повного розрядження.
Саморозряд	Інтенсивніше ніж у GEL акумуляторах.	Величина саморозряду невелика.
Пусковий і максимальний струм	Великий пусковий струм.	Через великий внутрішній опір величина пускового струму мала.
Зарядження	Збільшення напруги зарядження призводить до здуття батареї.	Збільшення напруги зарядження призводить до здуття батареї.

Коротке замикання	Менш чутливі.	Більш чутливі.
Експлуатація	В будь – якому положенні, окрім «вверх дном».	В будь – якому положенні, окрім «вверх дном», дрібне пошкодження цілісності конструкції не викликає витік електроліту.

В якості джерела резервного живлення доцільніше використовувати АКБ виготовлені GEL технологією. Так як вони більш стійкі до повного розряду [29].

Основним робочим елементом будь – якої електростанції на сонячній енергії є сонячні панелі. Від вірного вибору типу панелі залежить безліч факторів, тому немало уваги потрібно приділити саме цьому. Сонячна панель – напівпровідниковий прилад, принцип дії якого заснований на перетворенні сонячного випромінювання в постійний електричний струм.

Принцип виникнення електричного струму достатньо складний, але можна виділити порядок основних процесів, який відбувається під дією світла. На поверхні кремнієвої пластини р – типу сформований р – n перехід, з тонкою металевою пластиною. При поглинанні сонячним елементом фотонів виділяється енергія, яка генерує нерівноважні електронно – діркові пари, Згенеровані електрони в р – шарі підходять до межі електронно діркового переходу, існуюче на межі переходу електричне поле перекидає електрони з р – шару і n – шар. Аналогічним чином згенеровані надлишкові дірки потрапляють з n – області в р – область (рис. 2.1 а). В результаті чого зменшується контактна різниця потенціалів, і в зовнішньому ланцюзі виникає напруга (рис. 2.1 б). Позитивному полюсу джерела відповідає р – шар, негативному n – шар.

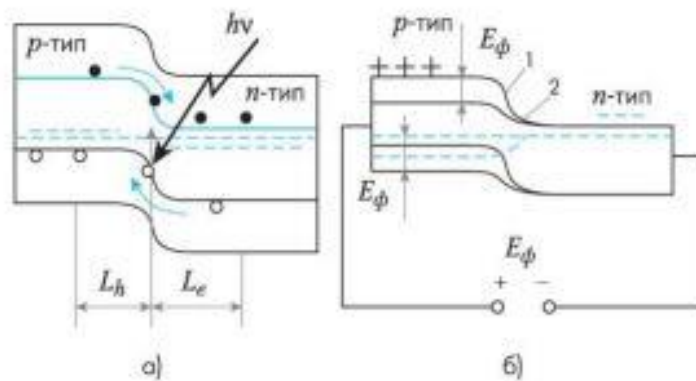


Рис. 2.1 Зонна модель розімкнутого р – n переходу: а) початковий момент освітлення б) зміна зонної моделі під дією освітлення

Для стабільно ефективної роботи сонячних елементів необхідно дотримуватися певних умов :

- коефіцієнт поглинання активного шару повинен бути великим, щоб забезпечити поглинання значної частини фотонів;
- згенеровані при освітленні електрони та дірки повинні ефективно збиратися на межі переходу;
- фотогальванічний елемент повинен мати значну висоту потенціального бар'єру;
- однорідність структури по всій активній області виключає закорочення та вплив шунтуючих опорів на характеристики елементу.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ

Арк.

31

Рис. 2.2 Структура сонячної батареї [31].

На ринку користуються попитом 2 види сонячних панелей, полікристалічні та монокристалічні.

Таблиця. 2.2

Порівняння основних типів фотоелектричних перетворювачів [27].

Монокристалічні	Полікристалічні
Мала кількість домішок в початковому розплаві кремнію, забезпечує високу продуктивність батареї.	Велика кількість домішок в початковому розплаві кремнію, забезпечує низьку продуктивність батареї.
Високий ККД 18 – 23 %	ККД в районі 14 – 18 %
Ефективно працюють при низькому рівні освітленості.	Підвищена чутливість до перепадів температури.
Збільшений час експлуатації.	Значно менший час експлуатації.
Висока вартість, із – за складності технологічних процесів.	Невелика вартість, із – за майже невитратного методу виробництва.

Невід’ємною складовою будь – якої електростанції являється інвертор. Основною роботою інвертора є перетворення постійного струму (DC) в змінний (AC). Більшість сучасних приладів обладнуються імпульсними блоками живлення, для яких не важлива форма вхідної напруги. Але не мало приладів обладнані більш дешевим трансформаторним блоком живлення. При підключенні приборів з таким блоком живлення до ступінчатої напруги, вони зовсім можуть не працювати, або їхні експлуатаційні характеристики з часом будуть погіршуватись. Саме через це більшість сучасних інверторів на виході має чисту синусоїдальну напругу.

Принцип роботи інвертора

1. В результаті попереднього перетворення формується напруга постійного струму, близьке по значенню до вихідної синусоїдальної напруги. Після цього сигнал направляється на вхід мостового інвертора;

2. На мостовому інверторі перетворюється постійна напруга в змінну. Її форма наближена до синусоїдальної. Дана форма досягається використання спеціального принципу керування транзисторів (багаторазова широтно – імпульсна комутація). На інтервалі кожного півперіоду відповідна пара транзисторів мостового інвертора напруги, багаторазово комутується на високій частоті. Тривалість імпульсів варіюється за синусоїдальним законом;
3. На виході із мостового інвертора встановлюється високочастотний фільтр нижніх частот, який забезпечує синусоїдальну форму напруги [30].

Для одночасного використання резервного джерела живлення, та підключення електростанції за умовами «зеленого тарифу» використовується гібридний інвертор. Гібридний інвертор – поєднує в собі перетворювач напруги, пристрій безперебійного живлення та мережевий інвертор. Гібридний інвертор – багатофункціональний прилад, який оптимізує роботу фотоелектричної системи з АКБ, та підключений до загальної електричної мережі. Основна задача – перетворення напруги низького порядку (12/24 В) в змінний струм величиною 220 – 380 В. Особливість роботи даного типу інвертора полягає в тому, що синхронізує роботу зовнішньої електромережі, і повертає надлишок згенерованої електричної енергії. В разі відсутності напруги в зовнішній електричній мережі, для живлення споживачів використовує енергію з блоку АКБ. Основна перевага гібридного інвертору, над іншими сонячними інверторами полягає в тому, що при пікових навантаженнях може працювати від декількох джерел живлення (напрямку від сонячних панелей, від блоку АКБ та від зовнішньої мережі), завдяки цьому відсутні стрибки напруги, які можуть призвести до виходу із ладу приборів, в мережі системи.

Принцип роботи гібридного інвертора заснований на подвійному перетворенні початкових параметрів мережі. Спочатку перетворюється напруга, яка подається на вхід інвертора, від сонячних панелей та АКБ (DC/AC), після чого показники підвищуються до необхідних параметрів мережі.

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні режими роботи гібридного інвертору

1. В світлий час доби вироблена сонячними панелями постійна напруга, через MPPT контролер подається на вхід інвертора, де трансформується і підсилюється до необхідних параметрів мережі. При повній зарядці акумулятора, надлишкова енергія продається по «зеленому тарифу»;
2. В темний час доби інвертор живить побутову техніку від АКБ, або електромережі (в залежності від обраного режиму);
3. Якщо відсутня електроенергія в зовнішньому джерелі, інверторний перетворювач подає електроенергію від сонячних панелей та блоку АКБ одночасно [32].

Для можливості роботи станції за «зеленим тарифом», необхідне встановлення зворотного лічильника. Зворотній лічильник – електронний багатофункціональний лічильник електричної енергії, який визначає активну і реактивну потужність змінного струму в двох напрямках. Лічильник даного типу дозволяє вести облік згенерованої енергії альтернативними методами, яка іде не продаж за умовами «зеленого тарифу».

Для довгострокової експлуатації блоку АКБ потрібно велику увагу приділити контролеру заряду який буде регулювати напруги, якими заряджається акумулятор, щоб уберегти його від перезаряду. Друга причина використання контролера заряду заключається в тому, що акумулятори чутливі до не повного заряду. На практиці сонячні батареї до АКБ підключається послідовно через контролер.

Принцип роботи контролера залежить від його типу. Існують два типи контролерів: PWP (power width modulation), та MPPT. Перший тип передбачає використання широтно імпульсної модуляції, тобто чим більше заряджається батарея, тим більша скважність заряджаючих імпульсів струму. Частота імпульсів збільшується зі зменшенням напруги на клеммах.

MPPT контролери також використовують ШПМ, але з динамічною зміною протяжності та частоти імпульсів зі збільшенням заряду батареї. Під час процесу

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заряду, опір акумуляторної батареї змінюється нелінійно. При зміні опору навантаження величина виробленої сонячною батареєю напруги та струму також змінюється нелінійно. Через це загальна потужність панелі різко зменшується. Встановлення MPPT контролера вирішує цю проблему, так як він має постійний внутрішній опір для вхідного струму, що дозволяє уникнути падіння потужності батареї. З виходу MPPT контролеру згенерована енергія потрапляє на вхід зарядного пристрою, який підбирає оптимальне значення струму та напруги для зарядки блоку АКБ [26].

2.3 Етапи підключення зеленого тарифу

Зелений тариф – це спеціальний встановлений державою тариф на електричну енергію від відновлюваних джерел енергії, в тому числі – згенерованих за допомогою утилізації енергії сонячного випромінювання. Зелений тариф для сонячних PV електростанцій в Україні діє з 1 квітня 2009 року по 31 грудня 2029 року. В даний час рівень зеленого тарифу встановлюється на оптимальному рівні, що дає підстави прогнозувати подальший розвиток проектів будівництва сонячних фотоелектростанцій в нашій країні [1].

Розвиток приватних електростанцій на основі альтернативних джерел енергії заснований на одній із найвищих ставок по «зеленому тарифу» в Європі. В середньому станція окупається за 5 – 8 років, а прогнозований період роботи коливається в межах 20 – 25 років. Переваги «зеленого тарифу» базуються на декількох основних факторах:

- гарантоване підключення станції до загальної електромережі після укладання угоди;
- довгостроковий контракт, який зобов'язує купляти надлишок виробленої електроенергії за встановленим тарифом, який постійно корегується.

Умови та етапи підключення

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- приватні домовласники можуть підключати до «зеленого тарифу» фотоелектричні станції потужністю до 30 кВт;
- подача заяви, схеми підключення та сертифікатів до енергопостачальної компанії;
- встановлення двонаправленого лічильника для замірів зустрічних потоків виробленої/спожитої електроенергії;
- укладення довгострокового договору;
- відповідно до норм закону України «Про електроенергетику», споживач має право отримувати комерційну вигоду [33].

2.4 Розрахунок потужності споживання

Найбільш розповсюджені робочі напруги АКБ в сонячних електростанціях 48 В 24 В 12 В. Чим більший струм, тим потрібне більше поперечне січення провідника, тим самим збільшення затрат. Зменшити струм можна за допомогою збільшення напруги в системі.

Щоб побудована система була найбільш ефективною, перед побудовою потрібно розрахувати сумарну потужність споживання будинку. Особливістю сонячної електростанції є те, що при не достатньому рівні інсоляції, генерування електричного струму припиняється. Тому заздалегідь потрібно визначити основних споживачів, які будуть працювати в світлу частину доби, тобто напругу від перетворювача, а які в темну частину доби, від блоку АКБ.

Таблиця 2.3

Споживачі в світлий час доби

Споживач	Потужність споживання, Вт/год	Час роботи, год	Сума, Вт
Система опалення	100	10	1000
Відео нагляд	100	10	1000
Циркуляційний насос	60	10	600

Телевізор	80	5	400
Холодильник	300	4	1200
Ноутбук	60	7	420
Пральна машина	1000	2	2000
Сигналізація	75	10	750
Загальна сума, кВт			7,4

Маючи потужність споживання в темний час доби, можна розрахувати ємність блоку АКБ, який забезпечить електроенергією будинок в нічний час доби.

Таблиця. 2.4

Споживачі в темний час доби

Споживач	Потужність споживання, Вт/год	Час роботи, год	Сума, Вт
Відео нагляд	100	14	1400
Система опалення	100	14	1400
Освітлення	190	4	760
Сигналізація	75	14	1050
Циркуляційний насос	65	14	910
Сума, кВт			5,6

Щоб збільшити термін експлуатації блоку АКБ допустима величина розряду не повинна перевищувати 30% від загальної ємності.

Для розглянутого випадку акумулятор на 12 В не підходить, оскільки значення струму, що проходить через клеми акумулятора, занадто велике. Потрібно збільшити напругу акумуляторної батареї послідовно з'єднавши декілька акумуляторів. Дану систему можливо реалізувати на 24 В

Формула для розрахунку ємності має наступний вигляд:

$E=Q / (V \times k)$, де E – необхідна загальна ємність батареї, Q – кількість енергії споживання, V – напруга АКБ, k – коефіцієнт використання ємності.

$E = 5600/(24*0,7) = 334 \text{ А*год}$. Для блоку АКБ використаємо 4 акумулятора по 100 А*год кожен. Попарно з'єднаємо 2 акумулятора, отримані пари підключено паралельно [23].

Зарядка блоку АКБ в світлу добу години повинна проводитись струмом, величина якого складає 10% від загальної ємності, протягом 10 годин. Величина струму заряду $I_{cz} = E * 10\%$. $I_{cz} = 40 \text{ А}$. Маючи величину струму зарядки, та напругу АКБ можна розрахувати потужність зарядки:

$$P_{зр} = I_{cz} * V_{АКБ}$$

$$P_{зр} = 40 * 24 = 960 \text{ Вт}$$

2.4 Розрахунок потужності станції, та підбір елементної бази

Проаналізувавши Таб. 2.3 та Таб. 2.4 оптимальним варіантом для використання є монокристалічний фотомодуль. Для даного типу системи основною перевагою монокристалічного фотоелементу є те, що його ККД, при поганій освітленості, зменшується на не велику величину.

В якості фотогальванічного елементу був обраний полікристалічний фотомодуль DNA Solar DNA60-5-315M. Потужність модуля складає 315 Вт, так як це полікристалічний фотоелемент ККД достатньо високий, і складає 19 %. Маючи потужність споживання електроприладів та потужність зарядки, можна розрахувати загальну потужність споживання будинку за годину. Потужність споживання в світлу частину доби за одну годину склала 1800 Вт.

Беручи до уваги приведені вище розрахунки, визначимо кількість панелей, для забезпечення електроенергією будинку. $N = P_{год}/P_{пан}$, де N кількість панелей, $P_{год}$ – потужність споживання за годину, $P_{пан}$ – потужність однієї панелі. $N = \frac{1800}{315} = 6$.

Для того, щоб станція могла ефективно працювати за умовами зеленого тарифу, додамо декілька панелей. Загальна потужність станції становить 3 кВт.

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для розглянутої вище конфігурації системи резервного енергозабезпечення, було підібрано інвертор SMA Sunny Boy 3000TL. Завдяки високому ККД, перетворює напругу майже без втрат, форма вихідного сигналу – ідеальна синусоїда. Сигнал даної форми використовується у більшості побутових приладах. Основні робочі характеристики наведені в Таб. 2.5

Таблиця 2.5

Робочі параметри інвертора

Номінальна потужність	3 кВт
Величина вхідної напруги, (DC)	400 В
Величина вихідної напруги, (AC)	230 В
Вихідна частота струму	50/60 Гц
Форма вихідного сигналу	Чиста синусоїда
ККД	98,2 %

При даних параметрах системи можна використати лічильник Itron ACE 6000.

2.5 Структурна схема системи резервного енергозабезпечення

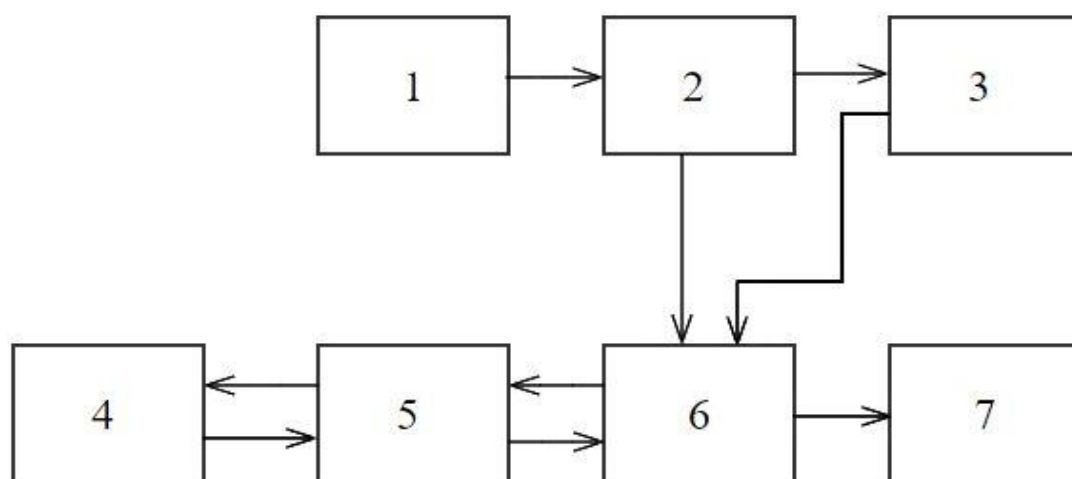


Рис. 2.3 Структурна схема системи

1. Фотоелектричні перетворювачі;
2. MPPT контролер заряду

3. Блок АКБ
4. Мережа змінного струму
5. Зворотній лічильник
6. Гібридний інвертор;
7. Споживач.

Принцип роботи системи можна зрозуміти розглянувши Рис. 2.3. Постійний струм з виходу фотоелектричного перетворювача (1) потрапляє на вхід МРРТ контролера (2), який отримує максимально доступну потужність з фотоелектричного перетворювача при певних умовах (рівень освітленості, температура модуля, навантаження). Даний контролер має 2 виходи, один підключений до блоку АКБ (3), для зарядки, інший на вхід гібридного інвертора (6). Поки блок АКБ не буде повністю зарядженим, на вході інвертора буде 0. В момент повного заряду АКБ МРРТ контролер перенаправляє енергію від сонячних панелей на вхід інвертора. Інвертор перетворює постійний струм в змінний і подає його споживачам (7). Надлишкова енергія перенаправляється через зворотній лічильник (5) в зовнішню електричну мережу (4).

В темний час доби принцип роботи системи змінюється. При припиненні генерування енергії сонячними панелями, інвертор, в якості джерела живлення, використовує блок АКБ.

Якщо пікова потужність навантаження перевищує потужність сонячних панелей, для того щоб уникнути падіння напруги в мережі будинку, частина енергії береться із зовнішньої мережі.

2.6 Функціональна схема системи

Для побудови функціональної схеми потрібно розібратися з роботою всіх функціональних блоків. Головним функціональним блоком в системі являється гібридний інвертор., він складається із системи автоматичного вибору резерву (АВР), та самого інвертору.

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Головна задача яка ставиться перед системою резервного енергозабезпечення є автоматичний перехід з однієї лінії живлення на іншу. Для системи на сонячних елементах резервною лінією живлення в світлий час доби являються сонячні батареї, а в темний блок акумуляторних батарей. В сучасних сонячних інверторах блок автоматичного вибору лінії живлення вбудований. Завдяки цьому зменшується загальна ціна станції.

АВР (автоматичний ввід резерву) – блок автоматичного переключення на резервне джерело живлення в разі зникнення живлення з основного. Основні вимоги які ставляться перед системою АВР:

- швидкодія (час включення резерву має становити близько 0,3-0,8 секунд);
- надійність включення;
- можливість налаштування порога включення резервного електропостачання;
- спрацьовування тільки за умови, якщо на резервному джерелі є електроенергія.

Принцип роботи АВР заснований на контролі напруги в колі. Реалізується це за допомогою будь яких реле напруги. Принцип роботи АВР показаний на рис. 2. Контроль напруги здійснюється за допомогою контактору КМ. Контактор – електромагнітний прилад для ввімкнення і вимкнення струму в електричному колі. Контактор складається із котушки, рухомих контактів та не рухомих контактів. Принцип роботи заснований на електро магнітній силі котушки.

В початковий момент часу обидва автомати SF1 та SF2 ввімкнені, при цьому котушка контактору ввімкнена, і за рахунок магнітної сили струму втягує рухомий контакт КМ 1.1, тим самим замикає його. При зникненні живлення з основного джерела через котушку перестає протікати струм, тим самим ключ КМ 1.1 розмикається, а ключ КМ 1.2 замикається, тим самим переводячи живлення споживачів на блок АКБ [40].

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

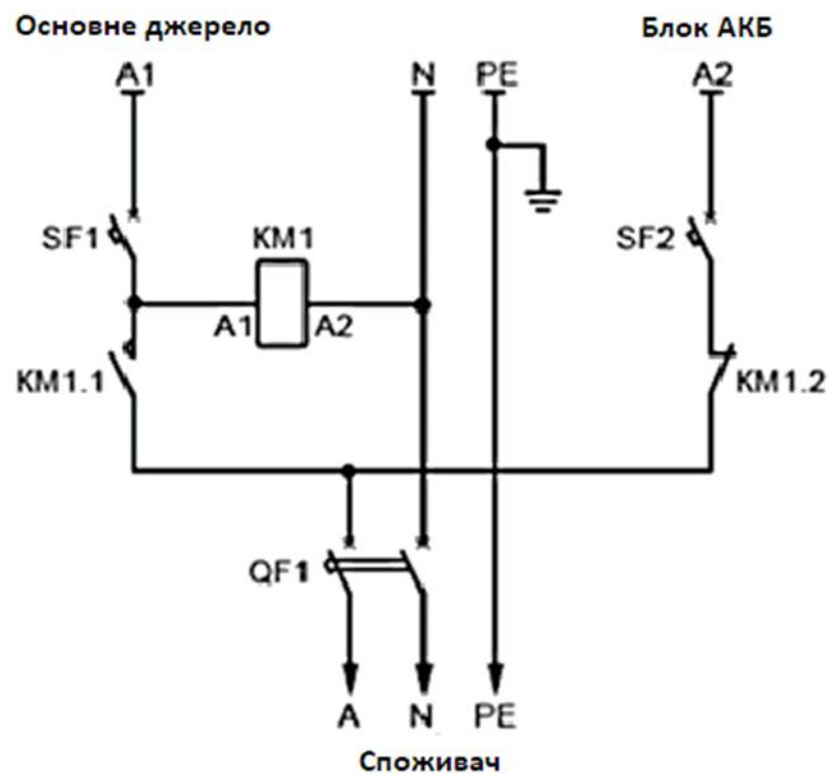


Рис. 2.4 Схема роботи АВР

Як було сказано вище блок автоматичного вибору лінії резерву вбудований в конструкцію інвертору, на рис. 2.5 показано функціональну схему системи.

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

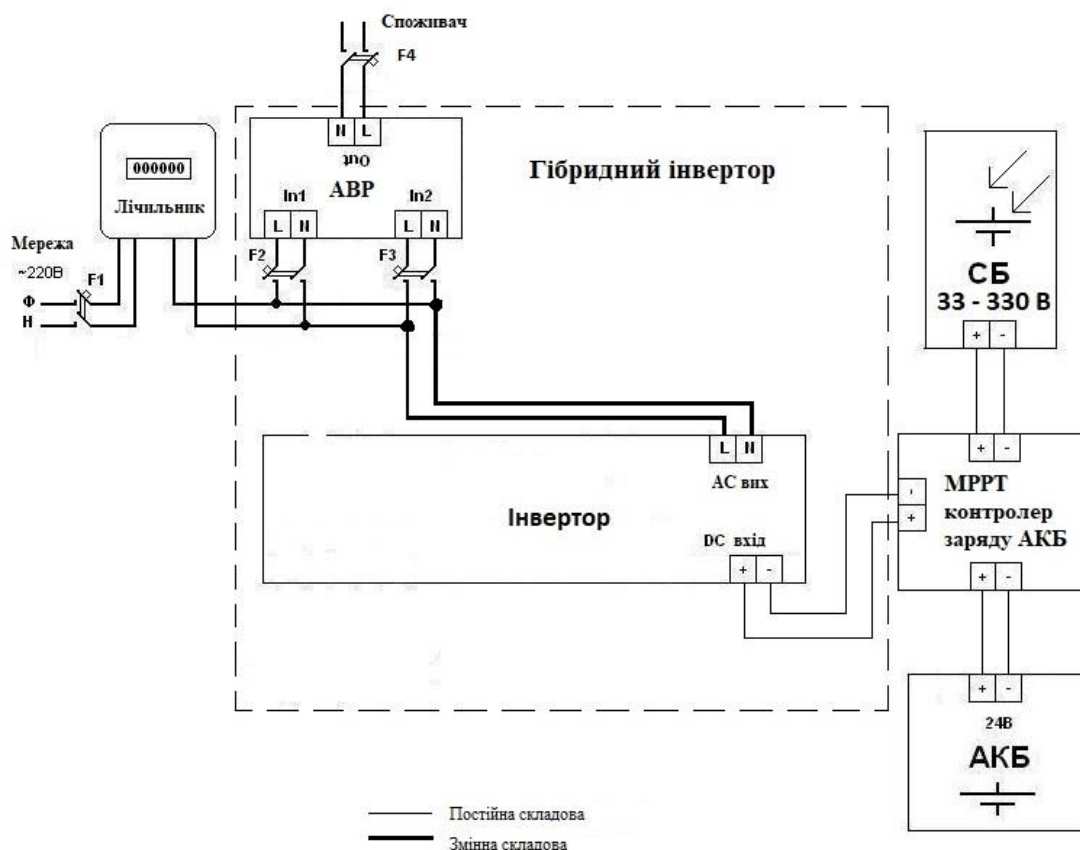


Рис. 2.5 Функціональна схема системи

АВР – автоматичне реле вибору;

СБ – сонячна батарея;

DC – постійний струм;

АС – змінний струм;

F1, F2, F3, F4 – автоматичний вимикач.

У даній схемі на вхід через MPPT контролер заряду на DC вхід інверту подається постійний струм. Інвертор перетворює змінний струм в постійний і подає його на вхід In 2. На In 1 подається змінна напруга від мережі ЛЕП. АВР налаштований таким чином, що In 2 вхід основного джерела живлення, а In 1 вхід резервного джерела. Надлишок виробленої енергії скидається в мережу через двонаправлений лічильник.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ

Арк.

43

ВИСНОВКИ

1. В даному розділі були приведені основні вимоги які поставлені перед системою, приведено основні параметри, які потрібно розрахувати для ефективної роботи системи.

2. Перераховані основні споживачі енергії, та розраховано загальну потужність споживання. Визначено ті споживачі, які працюють цілодобово. Розраховано загальну ємність акумуляторної батареї на основі енергоспоживання цілодобово працюючих споживачів. Розраховано загальну потужність електростанції на основі електроспоживання приладів в будинку.

3. Проведено порівняльну характеристику існуючих аналогів основних функціональних блоків, та підібрано ті, які задовольняють вимогам які ставляться перед системою.

4. Приведено структурну схему установки, з перерахуванням основних блоків, та описом роботи системи.

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. КОНСТРУКЦІЯ МРРТ КОНТРОЛЕРА ЗАРЯДУ БЛОКУ АКБ

3.1 Вибір елементної бази для реалізації функціональних блоків системи

Розвиток науково технічного прогресу не стоїть на місці. З кожним днем з'являються нові, більш удосконалені, прилади та пристрої. Для створення сучасних систем, потрібно провести детальний огляд існуючих мікроконтролерів, на базі яких можлива реалізація задуманих проєктів.

Для реалізації автоматичного МРРТ контролеру заряду батареї потрібно обрати мікроконтролер, який буде виконувати роль обчислювального блоку. На сьогоднішній день існує велика кількість виробників та архітектур мікропроцесорів. На практиці зазвичай застосовують 16 та 32 – х розрядні архітектури, так як вони є більш простими в освоєнні, мають набагато більше активних користувачів, що в свою чергу збільшує кількість науково – технічної літератури. На даний момент найпоширенішими мікроконтролерними платформами являються: Kinetis, Arduino SMT32.

Kinetis – сімейство низько споживаючих мікропроцесорів, які базуються на 32 – розрядній архітектурі, з використанням процесорних ядер ARM Cortex-M0/M4/M7. Дане сімейство мікроконтролерів володіє такими електро – технічними параметрами:

- частота ядра до 240 МГц;
- 32 біта;
- розмір flash пам'яті 1 Мб;
- розмір RAM пам'яті 256 кБ;
- мінімальна напруга живлення 1,71 В;
- максимальна напруга живлення 3,6 В [25].

В основному дані мікропроцесори використовують в: приладах з автономним живленням, сенсорних мережах та медичному обладнанні. Беззаперечною перевагою є пристосованість до жорстких умов експлуатації, різноманітні

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

механізми програмування, велика кількість прикладних бібліотек, наявність ефективних безкоштовних середовищ для розробки. Основний недолік – порівняно висока ціна [34].

STM32 — сімейство мікроконтролерів, побудованих на 32 – бітних ядрах ARM Cortex-M7F, Cortex-M4F, Cortex-M3, Cortex-M0+ або Cortex-M0. Лінійка недорогих мікроконтролерів різноманітного призначення, з підвищеною продуктивністю та низьким енергоспоживанням. Має вбудовану периферію, а саме: USB, DMA, CAN, RTC, UART. Основні переваги: великий вибір середовищ для розробки, можливість pin-to-pin заміни, висока продуктивність, зручна відладка мікроконтролеру. Недоліки: недостатня кількість активних користувачів, як наслідок малий об'єм літератури, та застарілі бібліотеки. [28]

Arduino – сімейство приладів побудованих на 8, 32 бітних AVR мікроконтролерах Atmega 328 та Atmega2560 відповідно. Мікроконтролери на Arduino відрізняються наявністю прошитого в контролер завантажувача, за допомогою якого користувач завантажує програму в мікроконтролер без використання окремих апаратних програматорів.

На базі мікроконтролера Atmega 328, Рис. 3.1, побудовані плати «Uno», «Mini», «Nano», «Pro». Електро – технічні характеристики мікроконтролера:

- частота ядра 16 МГц;
- 8 біт;
- розмір flash пам'яті 32 кБ;
- розмір RAM пам'яті 2 кБ;
- 14 портів, із них 8 АЦП, та 6 ШІМ;
- рекомендована напруга живлення 7-12 В;
- максимальна напруга живлення 6-20В.

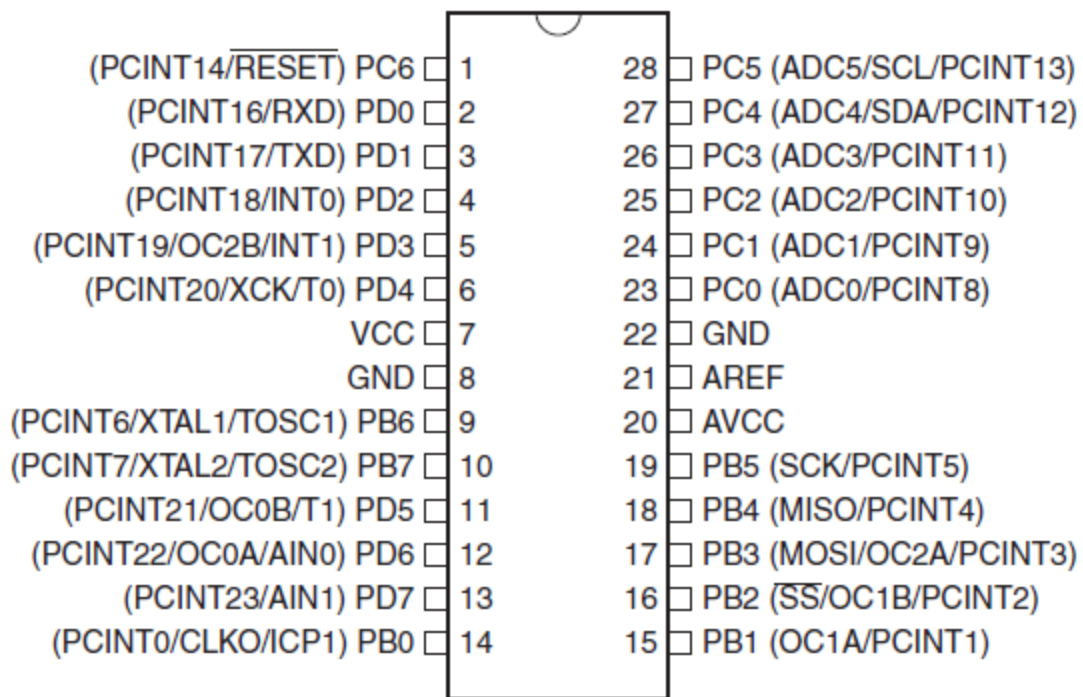


Рис. 3.1 Призначення портів вводу/виводу мікроконтролера ATmega328.

Для збільшення обчислювальної здатності, плати Arduino побудовані на мікроконтролері Atmega 328, можна об'єднувати через SPI інтерфейс. Або використати плати Arduino «Mega» побудовані на базі мікроконтролера Atmega 2560. На рис. 3.2 наведено призначення портів вводу/виводу мікроконтролера.

Електро – технічні характеристики мікроконтролера:

- частота ядра 16 МГц;
- 8 біт;
- розмір flash пам'яті 256 кБ;
- розмір RAM пам'яті 8 кБ;
- 54 порта, із них 16 АЦП, та 15 ШІМ;
- рекомендована напруга живлення 7-12 В;
- максимальна напруга живлення 6-20В.

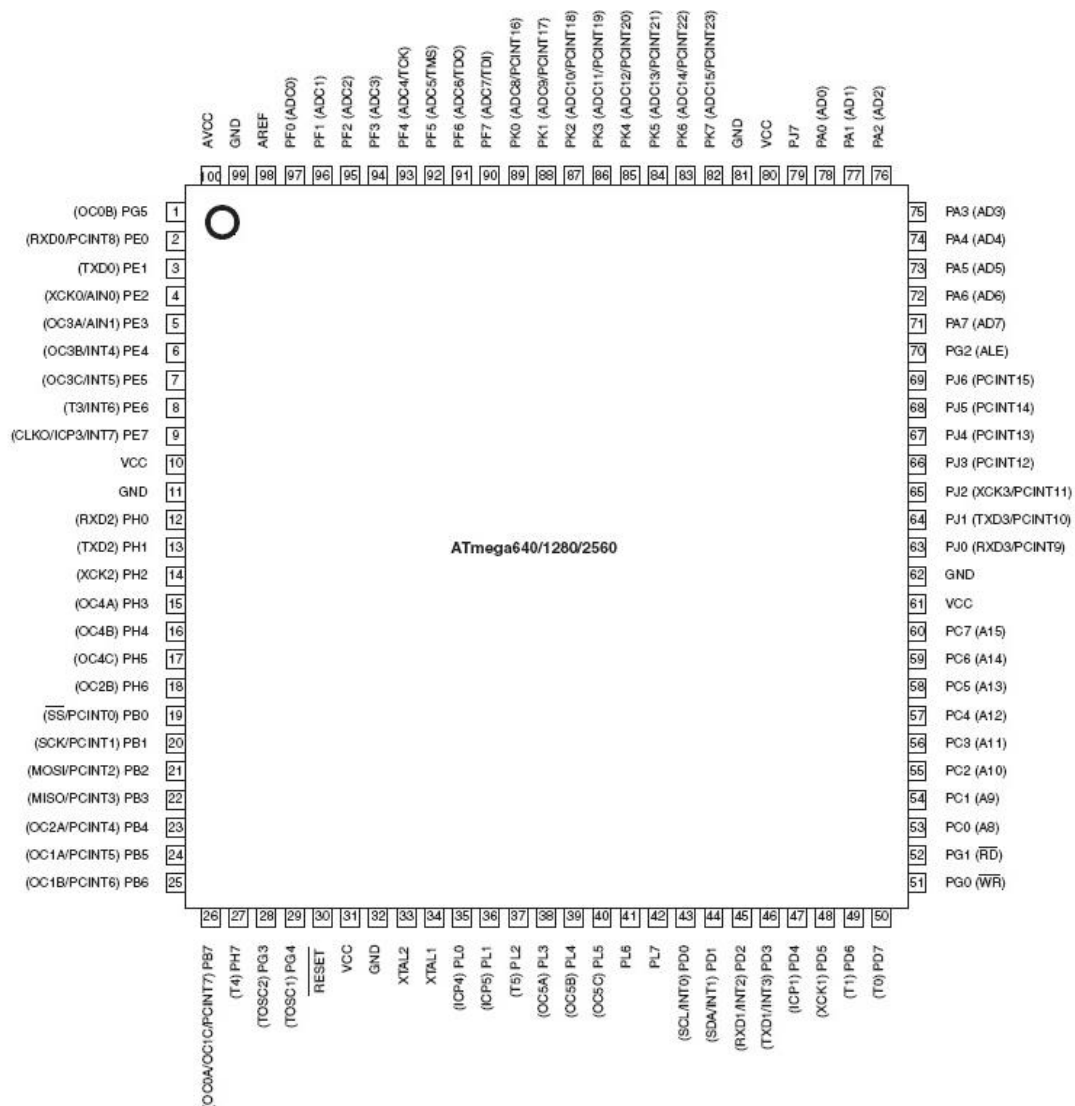


Рис. 3.2 Призначення портів вводу/виводу мікроконтролера Atmega 2560.

Головна перевага платформи Arduino перед іншими мікроконтролерними платформами – поширеність використання. Чим більше активних користувачів, тим більше навчального матеріалу можна знайти в мережі Internet. Простота експлуатування, та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс збільшує кількість користувачів. Велика кількість допоміжної периферії та різноманітність якісних допоміжних бібліотек [35].

Проаналізувавши найпопулярніші мікроконтролерні платформи ідеальним мікроконтролером для реалізації поставленої задачі являється Arduino. Так як не потрібно великої обчислювальної здатності, низька ціна та простота експлуатації.

3.2 Принцип роботи MPPT алгоритму

MPPT алгоритм - визначення точки максимальної потужності (ТМП) сонячної панелі, при різному рівні інсоляції. Наявність даного алгоритму в контролері заряду, помітно збільшує загальну продуктивність сонячної панелі.

В документації до будь – якої сонячної панелі, її продуктивність вказується при сталому рівні інсоляції, який становить 1000 Вт/м^2 . При реальних умовах експлуатації, такого рівня не добитися, до того ж він постійно змінюється, що в свою чергу зменшує потужність. Для того щоб компенсувати ці зміни використовують контролери. При зміні рівня інсоляції змінюється вольт – амперна характеристика рис. 3.3.

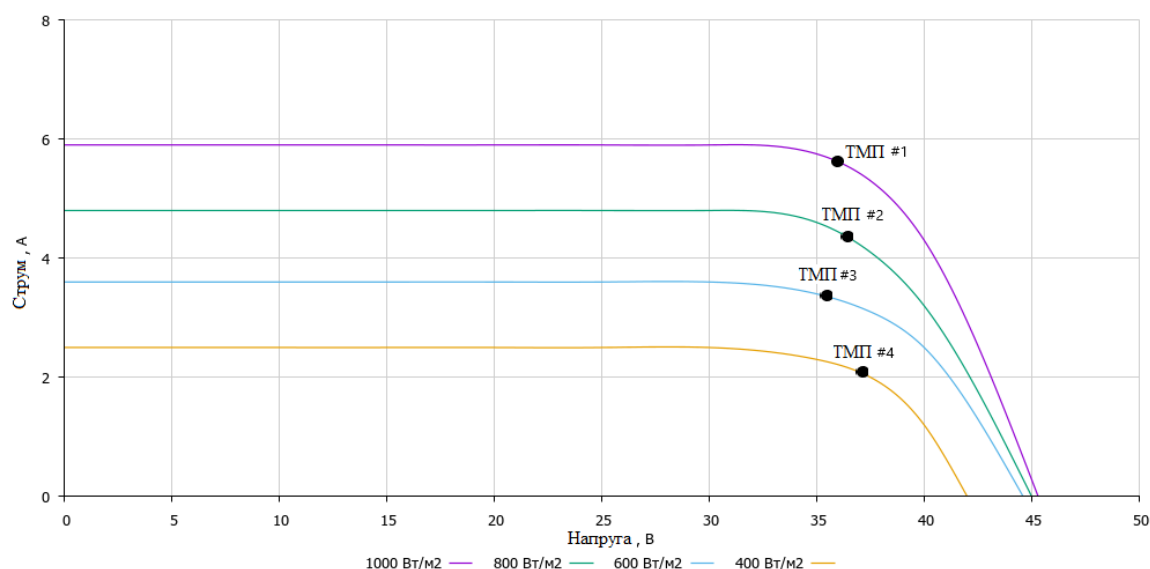


Рис. 3.3 Зміна ВАХ при зміні рівня інсоляції

Як показано на рисунку для кожної ВАХ точка максимальної потужності знаходиться в тому місці, де значення струму та напруги буде мати максимальне значення [26].

3.3 Розробка принципової електричної схеми

Принципова електрична схема – конструкторський графічний документ, який повністю пояснює принцип роботи виробу, електричні зв'язки між елементами

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

його електричної схеми, вказує на елементи які використовуються в схемі. Для успішного потрібно розібратись з принципом роботи основних силових елементів.

В розглянутому випадку основним силовим елементом служить понижувач напруги, так як представлена вище система енергозабезпечення продукує напругу порядку декількох кіловольт. Акумулятори не розраховані на зарядку такими напругами, тому питання пониження вхідної напруги стоїть на першому місці. Кращим варіантом для пониження напруги є Busk – перетворювач, так як він ефективно працює з великими напругами за допомогою IGBT транзистора. Перевагою для його використання служить те, що ним достатньо просто керувати за допомогою мікроконтролеру.

Для детального розуміння принципу роботи, потрібно розробити функціональну схему MPPT контролеру заряду батареї. Схему представлено на рис. 3.4

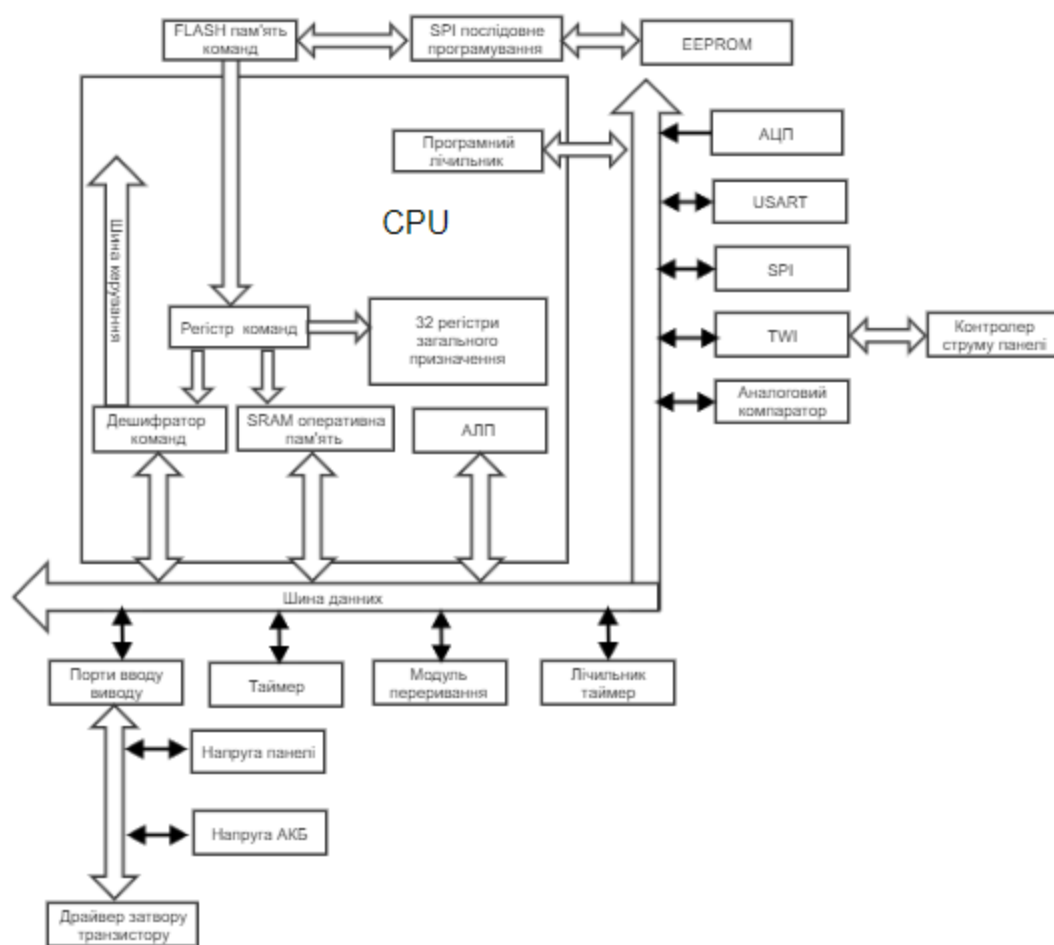


Рис. 3.4 Функціональна схема MPPT контролеру заряду блоку АКБ

Відповідно до документації для Arduino Nano шина даних – 32 біти, а шина адресу 24 біти.

Flash пам'ять - пам'ять об'ємом 32 кБ, для запису команд .

SRAM - енерго-залежна пам'ять об'ємом 2 кБ. Зберігаються змінні і об'єкти, створенні в ході роботи програми.

EEPROM - енерго-незалежна пам'ять обсягом 1кб. В ній зберігаються дані, що не видаляються при виключенні контролера

Регістр команд - призначений для зберігання коду команди на період часу, необхідний для її виконання.

Арифметико-логічний пристрій (АЛП) - блок процесора, служить для виконання арифметичних і логічних операцій.

Сигнали, який отримуються від датчику струму панелі, величина напруги панелі та величина напруги блоку АКБ надходить на АЦП, де він перетворюється на цифровий сигнал.

Перетворені цифрові сигнали потрапляють в регістр команд, в якому відбувається ініціалізація програми, яка була спеціально написана для потрібних нам функцій

З регістра команд сигнал потрапляє в АЛП, в якому відбувається порівняння отриманих величин, для більш точного зміщення точки максимальної потужності, на вольт – амперній характеристиці при певному рівні інсоляції.

Сигнал аналізується програмою, та виконується розрахунок ШІМ для подачі його на 1 вхід драйверу затвору транзистору.

3.3.1 Принцип роботи Busk конвертера

Busk конвертер – перетворювач постійної напруги, який понижує значення напруги на вході, в порівнянні з напругою на виході

На рис. 3.4 та 3.5 показані режими роботи найпростішої схеми конвертера. На транзистор VT1 за допомогою керуючої мікросхеми подається ШІМ сигнал з

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

певним коефіцієнтом заповнення імпульсів. Схема працює в двох режимах коли транзистор VT1 закритий та відкритий, режими чергуються один за іншим. Перший режим рис. 3.4 (транзистор VT1 відкритий): стадія накопичення енергії в LC контурі. LC – контур в даному випадку формує фільтр нижніх частот який згладжує ефект відкривання/закривання транзистора. На даному етапі струм протікає через транзистор в навантаження, накопичуючи енергію в котушці індуктивності та вихідній ємності. Хід струму на рисунку показаний червоними лініями.

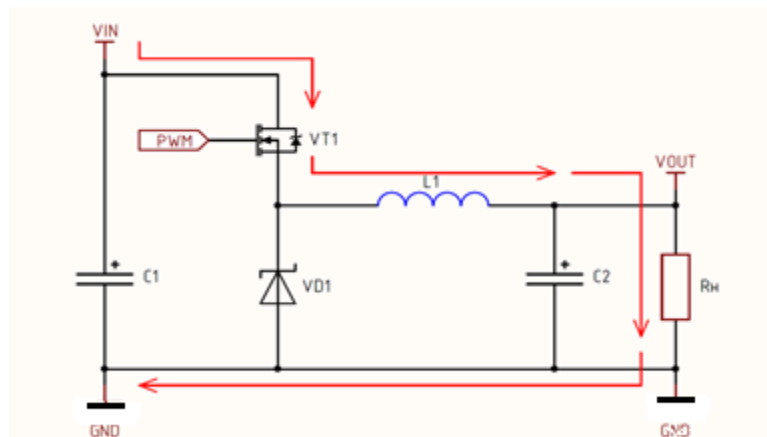


Рис. 3.5 Транзистор відкритий

В момент закриття транзистора VT1 потенціал який прикладався до котушки зникає, при зникненні потенціалу котушка починає розряджатися в навантаження. Для того щоб замкнути коло встановлено діод VD1, так як струм не протікає в незамкненому колі. Хід струму на рис. 3.5 показано зеленими лініями.

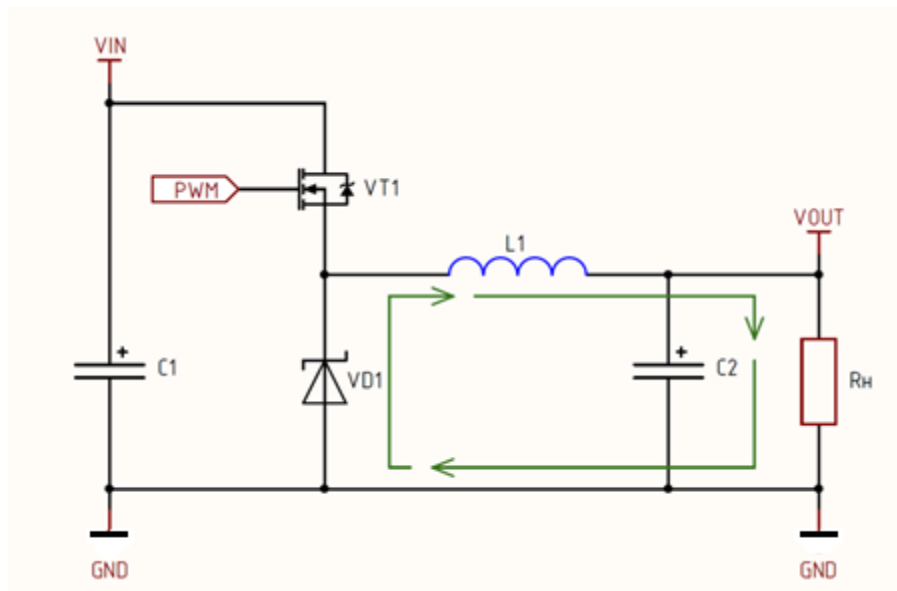


Рис. 3.6 Транзистор закритий

Слабким місцем в даній конструкції перетворювача є діод, який замикає коло, так як на ньому втрачається частина енергії. Проблему вирішує заміна діоду на транзистор. На рис. 3.5 показана схема з заміною діоду на транзистор.

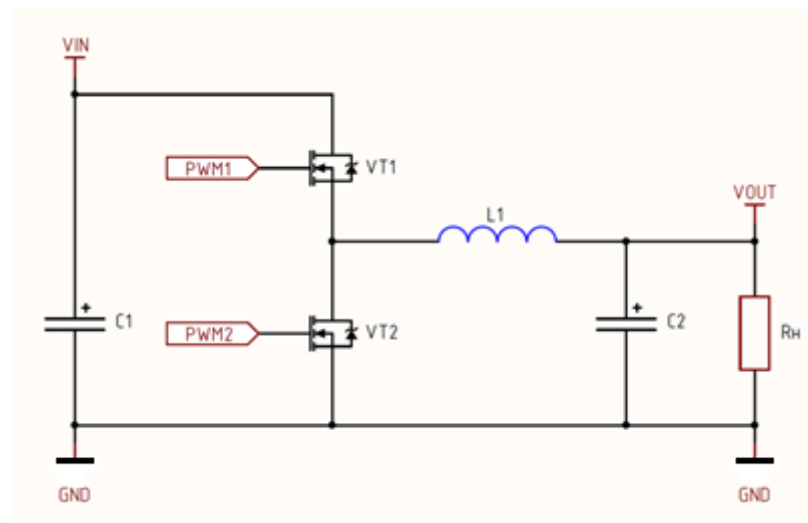


Рис. 3.7 Конструкція синхронного busk конвертера

3.3.2 Розрахунок параметрів для busk конвертера

Для правильної роботи конвертера потрібно розрахувати декілька параметрів: величину вихідного струму $I_{\text{вих}}$, коефіцієнт заповнення імпульсів D , індуктивність котушки L , величину пульсуючого струму k та ємність

конденсатора С. Маючи значення потужності батарей $P_{\text{бат}}$, величину вихідної напруги $V_{\text{вих}}$ та величину $V_{\text{вх}}$ можна починати розрахунки.

$$L = (V_{\text{вх}} - V_{\text{вих}}) * D * \frac{1}{F} * \frac{1}{k}, \text{ де } F = 50 \text{ Гц},$$

$k = I_{\text{вих}} * 0,35$, для коректної роботи типове значення пульсуючої напруги складає 35% від струму навантаження.

$$I_{\text{вих}} = P_{\text{бат}} / V_{\text{вих}};$$

$$I_{\text{вих}} = \frac{3000}{24} = 125 \text{ А};$$

$$k = 125 * 0,35 = 43,75 \text{ А}$$

$$D = V_{\text{вих}} / V_{\text{вх}}$$

$$D = 24 / 330 = 0,07$$

$$L = (330 - 24) * 0,07 * 0,02 * 0,023 = 0,0098 = 9,8 \text{ мГн}$$

$$C = k / (8 * F * b), \text{ де } b - \text{пульсуюча напруга, } b = 0,02$$

$$C = 43,75 / (8 * 50000 * 0,02) = 0,0055 = 5,5 \text{ мФ}$$

В результаті розрахунків отримали значення ємності та індуктивності для перетворювача. Маючи їх значення, можемо розробити принципову електричну схему [37]. Електрична принципова схема наведена в додатку В.

Принцип роботи заснований на взаємодії мікроконтролера Arduino, та драйвера ключа транзисторів (U2). Драйвер ключа – представляє собою підсилювач потужності для керування силовим ключем перетворювача. Основна задача – посилити керуючий сигнал по напрузі та потужності. В представлені електричні принциповій схемі використання драйвера необхідне, так як контролер побудований на IGBT транзисторах. IGBT - **Insulated Gate Bipolar Transistor**, транзистор який представляє собою гібрид польового та біполярного транзисторів, з поєднанням позитивних якостей кожного. Суть роботи транзистора такого типу заключається в тому, що польовий транзистор керує потужним біполярним. В результаті переключення потужного навантаження можливе при малій потужності, так як керуючий сигнал подається на затвор польового транзистору.

В приведеній схемі використовується драйвер IR2104. На вхід мікросхеми подається ШІМ сигнал від мікроконтролера, в свою чергу драйвер керує транзисторами. Сигнал від мікроконтролера подається на 1 контакт драйверу, згідно документації значення вхідного сигналу лежить в межах 10-20 В. Високочастотний ШІМ сигнал від мікроконтролеру подається на контакт 2. Сигнал виключення подається на 3 контакт. Керування драйвером здійснюється за допомогою цифрових виходів мікроконтролеру, під номером 8 та 9. Вихідні ШІМ сигнали генеруються з виводів під номером 5 та 7. Конденсатор та діод ввімкнені між виводами 6 та 8 вдвічі збільшують вихідну напругу, із за цього верхні транзистори можуть бути ввімкненими. Виск перетворювач складається із синхронних транзисторів Q2 та Q3, котушки L1 та конденсаторів C1 та C2. Котушка згладжує струм під час переключень, а конденсатор C2 згладжує вихідну напругу. Конденсатор C8 і резистор R6 використовуються для обмеження напруги на індуктивності, яка виникає при переключеннях.

Транзистор Q1 служить для блокування енергії від блоку АКБ назад в сонячні панелі при припиненні генерування енергії. В момент виключення транзистора Q2, через діод D1 протікає напруга, яка вмикає транзистор Q1. При включенні Q2 резистор R1 знімає напругу з затвору Q1. Для вимірювання напруги з виходу сонячної панелі та виходу з блоку АКБ, використовуються подільники напруги R1 R2 та R3 R4 відповідно. Конденсатори C3 та C4 використовуються для згладжування напруги. На виході із подільників напруга подається на аналогові виводи мікроконтролеру 0 та 2 відповідно.

Транзистор Q1 використовується для керування навантаженням. Драйвером для нього служить біполярний транзистор T1 та резистори R9 R10. D4 D5 – TVS діоди для захисту від перенапруги з сонячної панелі та інвертору. В якості датчика струму сонячних панелей використовується ACS758LCB-100B-PFF-T (U1), який подає значення вимірюного струму на аналоговий вивід 1 мікроконтролеру.

3.4 Розробка друкованої плати MPPT контролеру заряду блоку АКБ

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для фізичної реалізації електричної принципової схеми використовується два види плат макетні та друковані. У кожної є свої переваги та недоліки. Макетна плата – плата для зборки та попереднього моделювання роботи прототипів електронних приладів. Макетні плати діляться на два типи: для монтажу без пайки та з нею. Макетні плати без пайки використовуються для моделювання роботи цифрових приладів. Для моделювання роботи аналогових електронних приладів використовуються макетні плати, монтаж елементів на які, проводиться за допомогою пайки. Дана плата представляє собою текстоліт з просвердленими в ньому отворами з металізацією. В ролі електричних провідників виступають перемички.

Друкована плата – пластина з діелектрику, на поверхні якої нанесено металізацію, в основному із металів з низьким питомим опором. Призначення плати електричне або механічне з'єднання електричних компонентів. Проектування друкованої плати проводиться на основі електричної принципової схеми.

Основними методами виготовлення друкованих плат є: субтрактивний та адитивний. Субтрактивний метод полягає в формуванні рисунку електричних провідників на шарі металізації, шляхом видалення зайвих ділянок. Адитивний метод полягає в формуванні рисунку електричних провідників на шарі металізації, за допомогою хімічного нанесення захисної маски. Згідно ДСТУ 2646-94 існує 3 типи друкованих плат: односторонні (ОДП), двосторонні (ДДП), багатошарові (БДП).

Характеристики одношарових друкованих плат : компоненти розміщуються на одній стороні плати, з можливою металізацією отворів. Для з'єднання компонентів між собою використовують металеві доріжки. ОДП характерна висока точність нанесеного рисунку провідників, можливість використання навісних елементів, низька загальна вартість виробництва. Недоліками є: низька щільність розташування елементів, знижена теплова та механічна стійкість.

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

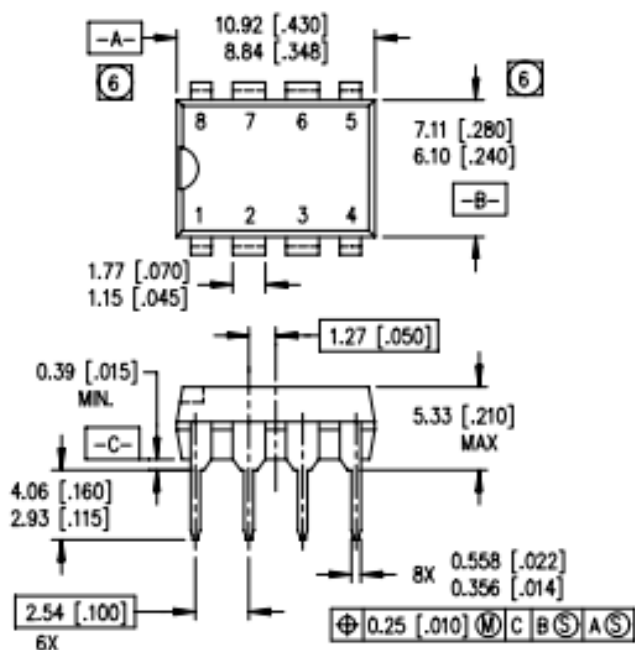
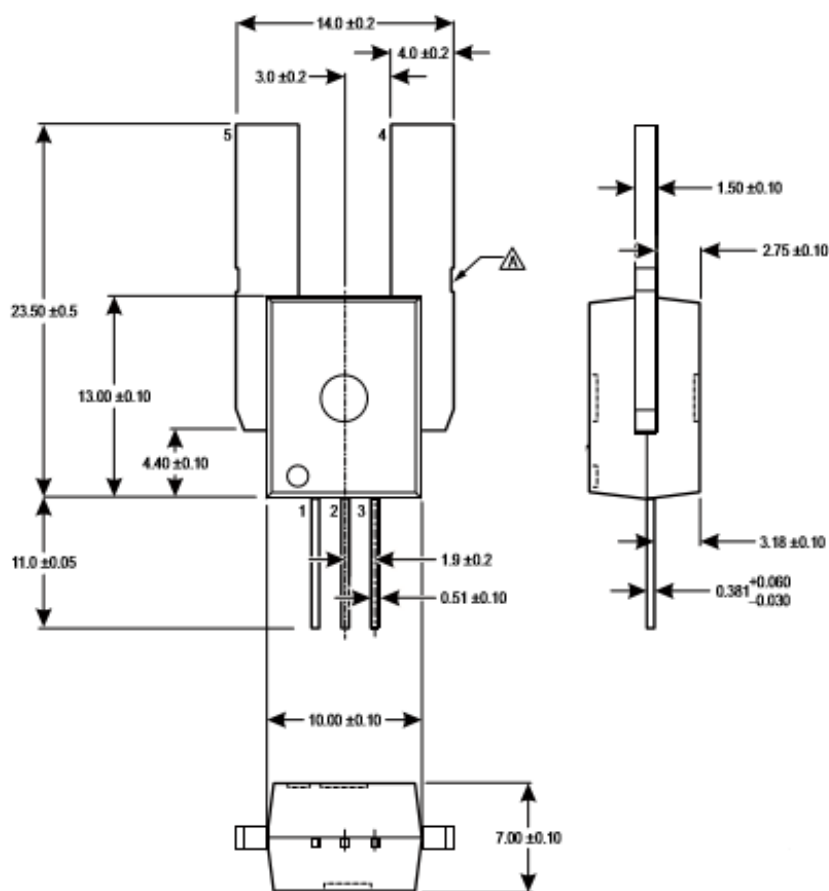


Рис. 3.9 Габаритні розміри IR2104 [38].

Відстань між контактами відповідає стандартному 2.54 мм. В якості датчику постійного струму сонячних панелей використовується ACS758LCB-100B-PFF-T, габаритні розміри якого представлені на рис. 3.10



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ

Арк.

58

Рис. 3.10 Габаритні розміри ACS758LCB-100B-PFF-T

Відстань між контактами не відповідає стандартному, і складає 1.9 мм, на це потрібно звернути увагу при проектуванні друкованої плати. В якості транзисторного ключа використовується IGBT транзистор IRG4P254SPBF, габаритні розміри якого представлені на рис. 3.11.

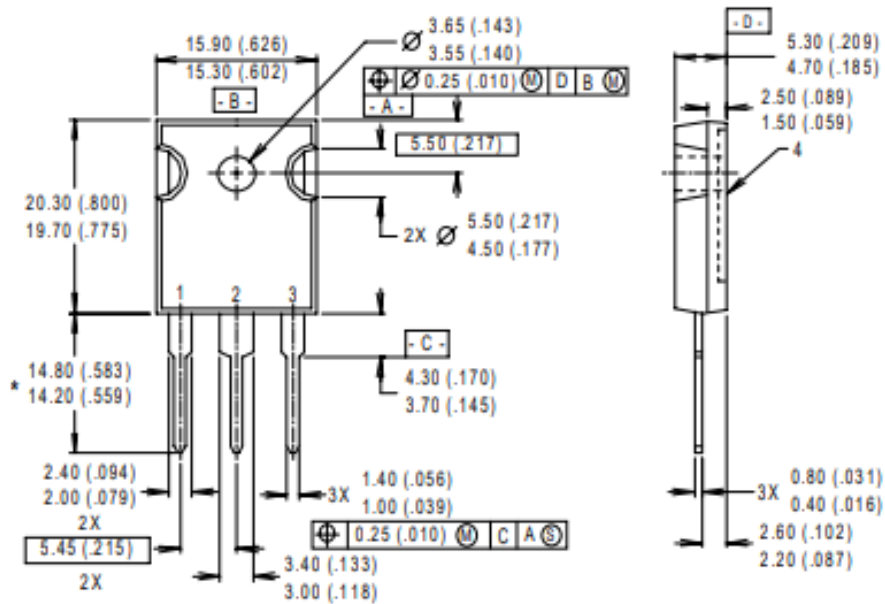


Рис. 3.11 Габаритні розміри IRG4P254SPBF

Відстань між контактами не відповідає стандартному, і складає 2,15 мм, на це потрібно звернути увагу при проектуванні друкованої плати. Габаритні розміри біполярного транзистору 2N3940 показані на рис. 3.12.

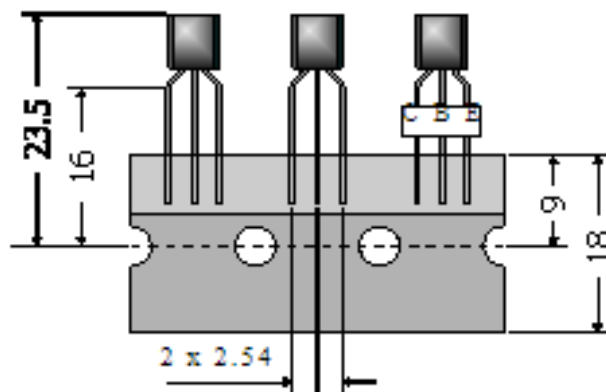


Рис. 3.12 Габаритні розміри 2N3940

Відстань між контактами відповідає стандартному 2.54 мм. Маючи інформацію про габаритні розміри компонентів які використовуються при проектуванні можемо розводити друковану плату. Друкована плата МРРТ контролеру заряду представлена на рис. 3.13 та 3.14. Елементи на платі повинно розміщувати так, як це показано на самій платі. Габаритні розміри вказані на рис. 3.11.

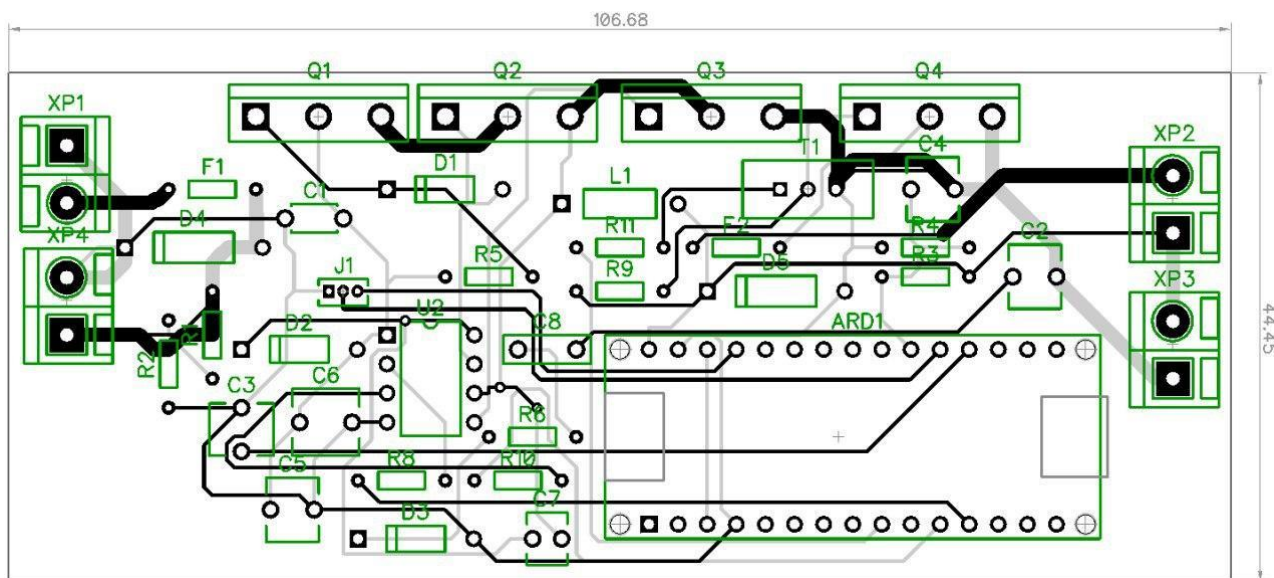


Рис. 3.11 Верхній шар друкованої плати

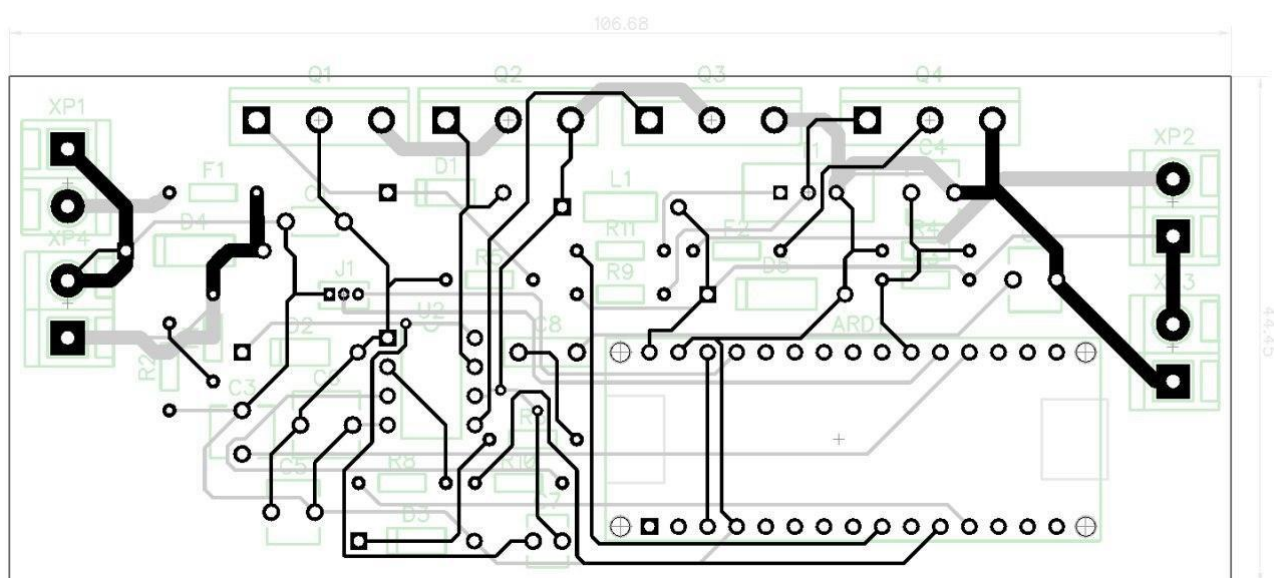


Рис. 3.12 Нижній шар друкованої плати

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ

Арк.

60

ВИСНОКИ

1. Було проведено аналіз всіх існуючих альтернативних джерел енергії, перераховано плюси та мінуси використання енергетичних установок які працюють на кожному із перерахованих джерел. Проведено порівняльну характеристику та в якості джерела енергії обрано системи на фотогальванічних перетворювачах. Перевагами системи даного типу є: відсутність шуму при роботі, що дозволяє розміщати панелі в будь – якому місці, можливість роботи без обслуговування, повна автоматичність, простота експлуатації.
2. Описані умови роботи станції за «зеленим тарифом». Перераховано послідовність дій, та принцип підключення.
3. Проведено порівняльну характеристику полі та монокристалічних сонячних елементів. На основі порівняння обрано монокристалічний фотоелемент DNA60-5-315M, потужністю 315 Вт, так як він має більший ККД, краще працює в умовах поганої освітленості.
4. Проведено порівняння AGM та GEL акумуляторів. В якості джерела резервного живлення обрано GEL акумулятор, так як із за в'язкого електроліту пластини акумулятора майже завжди змочені, що в свою чергу продовжує строк експлуатації. GEL акумулятор розрахований на більшу кількість циклів зарядки в порівнянні з AGM, стійкий до перезаряду, що при особливостях роботи системи важливо.
5. В якості інвертору обрано гібридний інвертор SMA Sunny Boy 3000TL потужністю 3 кВт. Завдяки високому ККД, перетворює напругу майже без втрат, форма вихідного сигналу – ідеальна синусоїда.
6. Розраховано загальну потужність споживання будинку в світлу та темну частину доби. В світлий період доби потужність споживання склала 1,8 кВт/год. Потужність споживання в темний період доби склала 0.53 кВт/год. Потужність зарядного пристрою для блоку АКБ склала 0.96 кВт/год. На основі вищеперерахованих потужностей було спроектовано станцію

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

загальною потужністю 3 кВт. Для забезпечення живленням приладів в темний час доби, була розрахована ємність блоку АКБ, яка склала 334 А*год.

7. Для отримання максимальної потужності сонячної панелі було розроблено контролер заряду, принцип роботи якого заснований на МРРТ алгоритмі. Описано принцип роботи алгоритму та доцільність використання контролерів які працюють за цим алгоритмом.
8. В якості мікроконтролеру було обрано мікроконтролер Atmega 328 на базі Arduino. Його перевагами являються : простота експлуатування, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, велика кількість допоміжної периферії та якість допоміжних бібліотек.

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Альтернативна енергетика держенергоефективності України. URL: <https://saee.gov.ua/uk/ae> // (дата звернення 27.04.20);
2. Про альтернативні джерела енергії. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15> // (дата звернення 30.04.20);
3. Біопаливо, національний портал з енергозабезпечення. URL: <https://patriot-nrg.com/uk/content/biopalyvo> // (дата звернення 27.04.20);
4. <https://alternative-energy.com.ua/uk/vocabulary> ;
5. Биобутанол: история, технологии, производители <http://abercade.ru/research/analysis/1390.html> // (дата звернення 29.04.20);
6. О производстве биометанола. <https://research.techart.ru/strategy/21.htm> // (дата звернення 16.03.20);
7. Эдер Б., Шульц Х. Биогазовые установки Практическое пособие. - Изд. 1996 г., Пер. с нем. 2008 г. - Германия: Zorg Biogas, 2008. - 268 с.
8. Вітроенергетика держенергоефективності України. URL: <https://saee.gov.ua/uk/ae/windenergy> // (дата звернення 29.03.20);
9. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
10. Типи і конструкція вітрогенераторів. URL: <https://radiofishka.in.ua/uk/content/typy-i-konstruktsiya-vitroheneratoriv> // (Дата звернення 2.04.20);
11. Бубенчиков А. А. ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОТОРА САВОНИУСА / А. А. Бубенчиков, А. Е. Белодедов, И. С. Булычев и др. // Международный научно-исследовательский журнал. — 2017. — № 12 (54) Часть 3. — С. 28—34
12. Мирошник В. В. ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОТОРА ДАРЬЕ / В. В. Мирошник, Д. А. Подберезкин, Д. А. Копейкин и др. // Международный научно-исследовательский журнал. — 2017. — № 12 (54) Часть 3. — С. 134—141.
13. Ветрогенераторы. Устройство и виды. Работа и применение. URL:

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

14. <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/jelektropitanie/vetrogeneratory/> // (дата звернення 27.03.20);
15. Вітрогенератори, вітрові електростанції та вітряки. URL: <http://www.ecosvit.net/ua/vitrogeneratori> // (дата звернення 24.03.20);
16. Геотермальные электростанции: преимущества и недостатки. URL: <https://avenston.com/ru/articles/geothermal-pp-pros-cons/> // (дата звернення 22.03.20);
17. [http://dspace.nbuu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/109877/10-Dolinskiy.pdf?sequence=1;](http://dspace.nbuu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/109877/10-Dolinskiy.pdf?sequence=1)
18. Фотогальванічний ефект у р-п-переході. URL: <https://studfile.net/preview/3740771/page:10/> // (дата звернення 22.03.20);
19. Типи сонячних панелей. URL: <https://www.atmosfera.ua/uk/sonyachni-elektrostantsii/tipi-sonyachnix-panelej/> // (дата звернення 03.04.20);
20. Види і типи: схеми сонячних електростанцій. URL: <https://best-energy.com.ua/support/alternative-energy/solar-type> // (дата звернення 03.04.20);
21. АГМ или GEL (гелевый) аккумулятор. Основные различия. Это не одно и тоже. URL: <http://avto-blogger.ru/akb-avto/agm-ili-gel-gelevyj-akkumulyator.html> // (дата звернення 14.04.20);
22. Вибір акумуляторної батареї для сонячної електростанції URL: <https://prel.prom.ua/a257262-vibir-akumulyatornoyi-batareyi.html> // (дата звернення 05.04.20);
23. Стимулювання відновлюваної енергетики в Україні за допомогою «зеленого» тарифу. 80 С.
24. Расчет емкости аккумуляторной батареи. URL : https://avtonom.com.ua/stati/tovari_akkumuljatornie_batarei/akkumuljatoridlyaibp/raschet-emkosti // (дата звернення 24.04.20);
25. Схема и принцип работы контролера заряда солнечной батареи. URL : <https://sovet-ingenera.com/eco-energy/sun/kontroller-zaryada-solnechnoj-batarei.html> // (дата звернення 11.04.20);

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

26. Микроконтроллеры freescale семейства kinetis 1 с ядром arm® cortex™-m0+. URL : https://grandelectronic.com/news/electronics_news/microcontrollers-freescale-kinetis-1-family-core-arm-cortex-m0-00166.html // (дата звернення 5.05.20);
27. MPPT-контроллер для заряда солнечных батарей. URL : https://elektrovesti.net/energetika/345_mppt-kontroller-dlya-zaryada-solnechnykh-batarey // (дата звернення 18.05.20);
28. Які сонячні панелі кращі – монокристалічні чи полікристалічні? URL : <https://solarsystem.com.ua/blog/yaki-sonyachni-paneli-krashhi-monokrystalichni-chy-polikrystalichni/> // (дата звернення 3.03.20);
29. Учебник SMT32 – описание, программирование, отличие от Arduino. URL : <https://arduino-master.ru/stm32/stm32-mikrokontroller-dlya-nachinayushhih-posle-arduino/> // (дата звернення 27.05.2020);
30. Сравнение GEL и AGM аккумуляторных батарей. URL : <https://volt-amper.ru/articles/sravnenie-gel-i-agm-akkumulyatornyix-batarej> // (дата звернення 16.04.20);
31. Принцип работы инвертора напряжения. URL : <https://www.vega-volt.ru/view/printsip-raboty-invertora-napryazheniya/> // (дата звернення 28.03.20);
32. Д.М. Фрейк, В.М. Чобанюк, М.О. Галушак, О.С. Криницький, Г.Д. Матеїк. Фотоелектричні перетворювачі сонячного випромінювання. Досягнення, сучасний стан і тенденції розвитку - 14 с.
33. Гибридный инвертор — что это такое? URL : <https://220volt.com.ua/news/useful/invertori/gibridnyj-invertor-hto-eto-takoe.html> // (дата звернення 28.03.20);
34. Оформлення «зеленого» тарифу для сонячних електростанцій. URL : <https://rentechno.ua/ua/services/green-tariff.html> // (дата звернення 3.03.20);
35. Микроконтроллеры семейства Kinetis от NXP-Freescale для встраиваемой электроники. Открываем для себя. URL : <https://habr.com/ru/post/256611/> // (дата звернення 18.05.20);

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

36. Atmel микроконтроллеры: помощники начинающим программистам. URL : <https://arduinoplus.ru/mikrokontrollery-atmel/> // (дата звернення 22.05.20);
37. MPPT контроллер заряда на STM32F334C8T6. URL : <https://m.habr.com/ru/amp/post/454024/> // (дата звернення 22.05.20);
38. Разработка buck-преобразователя на STM32F334: принцип работы, расчеты, макетирование. URL : <https://habr.com/ru/post/432778/> // (дата звернення 22.05.20);
39. Драйверы силовых транзисторов. URL : <https://studfile.net/preview/5518059/page:4/> // (дата звернення 28.04.20);
40. Друковані плати, види, виробники. URL : <https://skupka-platy.com.ua/statti/virobniki-drukovanix-plat> // (дата звернення 28.04.20);
41. Автоматический ввод резерва (АВР): назначение, виды, схема. URL : <https://samelectrik.ru/dlya-chego-nuzhen-avtomaticheskij-vvod-rezerva-i-kak-rabotaet-avr.html> // (дата звернення 03.06.20)

					ДП.ДЕ62.04.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	Запобіжники		
FU1,FU2	BS88 GSGB	2	GE Power Controls
	Транзистори		
Q1...Q4	IRG4BC40KPBF	4	IR
T1	2N3940	1	INFIN
	Індуктивність		
L1	9 мГн	1	
	Мікросхеми		
U1	ACS758LCB-100B	1	ALLEGRO
U2	IR2104	1	INFIN
	Arduino Nano	1	Atmega
	Діоди		
D1...D3	10A05	3	DC COMPONENTS
D4,D5	SMBJP6KE6CA-TP	2	TAITRON
	Резистори		
R1...R3	1206 – 0,25W – 100 кОм ±5%	2	
R9	1206 – 0,25W – 10 кОм ±5%	2	
R2...R4	1W 20 кОм ±5%	2	
R5	0.25W 470 кОм ±5%	1	
R6...R8	2W 200 Ом ±5%	3	
R10	0.25Вт 1 кОм ±5%	1	
	Конденсатори		
C1	1206 – X7R – 200V – 100 мкФ ±20%	1	

[illegible]

ДОАТОК Б

ДП.ДЕ62.04.000 ЕЗ

					ДП.ДЕ62.04.000 ЕЗ								
					Система резервного енергозабезпечення приватного будинку на основі відновлювальних джерел енергії	Лім.			Маса		Масштаб		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					1		1 : 1		
Розроб.	Ільченко В. С.												
Перевір.	Терлецький О. В.												
Т. Контр.													
						Арк.		3		Аркушів		3	
Н. Контр.	Чадюк В. О.					КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ФЕЛ, ЕПС, гр. ДЕ62							
Затверд.	Ямненко Ю. С.												

ДОДАТОК В

ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ

Програмний код

```
#include "TimerOne.h" // використання бібліотеки Timer1
// Визначення
#define ENABLE_DATALOGGER 0
// Алгоритм управління завантаженням
//0 - НІЧНЕ СВІТЛО: завантаження ВИМКНЕНО, коли сонячної енергії немає, а батарея
вище LVD
// 1 - ВКЛЮЧЕННЯ:
#define LOAD_ALGORITHM 0
#define SOL_AMPS_CHAN 1 // Визначення додаткового каналу для зчитування струму
сонячних панелей
#define SOL_VOLTS_CHAN 0 // Визначення додаткового каналу для зчитування напруги
сонячних панелей
#define BAT_VOLTS_CHAN 2 // Визначення додаткового каналу для зчитування напруги
АКБ
#define AVG_NUM 8 // кількість ітерацій програми

#define SOL_AMPS_SCALE 0.026393581 // Визначення струму сонячних батарей
#define SOL_VOLTS_SCALE 0.029296875 // Визначення напруги сонячних батарей
#define BAT_VOLTS_SCALE 0.029296875 // Визначення напруги блоку АКБ
#define PWM_PIN 9 // вихідний пін для PWM (тільки контактний 9 доступний для
таймера 1 на 50 кГц)
#define PWM_ENABLE_PIN 8 // пін, що використовується для управління функцією
відключення драйвера MOSFET
#define PWM_FULL 1023 //фактичне значення, використання підпрограми Timer1 протягом
100% -ного робочого циклу Pwm
#define PWM_MAX 100 // значення для pwm 0-100%
#define PWM_MIN 60 // значення для частоти Pwm 0-100% (нижче цього значення
струм, в системі, = 0)
#define PWM_START 90 // значення для pwm 0-100%
#define PWM_INC 1 //значення приросту до значення pwm для алгоритму prp
#define TRUE 1
#define FALSE 0
#define ON TRUE
#define OFF FALSE
#define TURN_ON_MOSFETS digitalWrite(PWM_ENABLE_PIN, HIGH) // включити драйвер
MOSFET
#define TURN_OFF_MOSFETS digitalWrite(PWM_ENABLE_PIN, LOW) //вимкнути драйвер
MOSFET
#define ONE_SECOND 50000 //підраховують кількість перерв за 1 секунду за
період переривання 20us
#define LOW_SOL_WATTS 3000 //значення потужності сонячних батарей
#define MIN_SOL_WATTS 1.00 //значення потужності сонячних батарей
```

```

#define MIN_BAT_VOLTS 11.00          //напруга блоку АКБ
#define MAX_BAT_VOLTS 24.00          //напруга блоку АКБ
#define BATT_FLOAT 23.60             // напруга акумулятора, на якому ми хочемо
зупинити зарядку
#define HIGH_BAT_VOLTS 23.00         //значення напруги акумулятора
#define LVD 11.5                     //Налаштування відключення низької напруги для
системи 24В
#define OFF_NUM 9                    // кількість повторень стану зарядного пристрою
// Визначення стану управління навантаженням
#define LOAD_PIN 6 // контакт-2 використовується для управління навантаженням
//принцип роботи алгоритму
byte battery_icons[6][8]=
{{
    0b011110,
    0b11011,
    0b10001,
    0b10001,
    0b10001,
    0b10001,
    0b10001,
    0b11111,
},
{
    0b011110,
    0b11011,
    0b10001,
    0b10001,
    0b10001,
    0b10001,
    0b10001,
    0b11111,
    0b11111,
},
{
    0b011110,
    0b11011,
    0b10001,
    0b10001,
    0b10001,
    0b10001,
    0b11111,
    0b11111,
    0b11111,
},
{
    0b011110,
    0b11011,
    0b10001,
    0b11111,

```

```

    0b111111,
    0b111111,
    0b111111,
    0b111111,
},
{
    0b011110,
    0b110111,
    0b111111,
    0b111111,
    0b111111,
    0b111111,
    0b111111,
    0b111111,
    0b111111,
},
{
    0b011110,
    0b111111,
    0b111111,
    0b111111,
    0b111111,
    0b111111,
    0b111111,
    0b111111,
    0b111111,
}};
#define SOLAR_ICON 6
byte solar_icon[8] = //значок для термометра
{
    0b111111,
    0b10101,
    0b111111,
    0b10101,
    0b111111,
    0b10101,
    0b111111,
    0b000000
};
#define PWM_ICON 7
byte _PWM_icon[8]=
{
    0b111101,
    0b10101,
    0b10101,
    0b10101,
    0b10101,
    0b10101,
    0b10101,
    0b10101,

```



```

    0b10111,
};
byte backslash_char[8]=
{
    0b10000,
    0b10000,
    0b01000,
    0b01000,
    0b00100,
    0b00100,
    0b00010,
    0b00010,
};
// глобальні змінні
float sol_amps;                // струм сонячних панелей
float sol_volts;               // напруги сонячних батарей
float bat_volts;               // напруга блоку АКБ
float sol_watts;               // потужність сонячних панелей
float old_sol_watts = 0;       // потужність сонячних батарей через ppt
routines
    unsigned int seconds = 0;   // секунди від таймеру
    unsigned int prev_seconds = 0; // значення секунди від попереднього проходу
    unsigned int interrupt_counter = 0; // лічильник для 20мс переривання
    unsigned long time = 0;
    int delta = PWM_INC;        // змінна, що використовується для зміни
робочого циклу pwm для алгоритму ppt
    int pwm = 0;                // Pwm робочий цикл 0-100%
    // Ця програма автоматично викликається при включенні / скиданні
    void setup()                // запустить один раз, коли почнеться
виконання коду
    {
        pinMode(PWM_ENABLE_PIN, OUTPUT); // встановлює цифровий контакт як вихід
        TURN_OFF_MOSFETS;                // вимкнути чіп драйвера MOSFET
        charger_state = off;              // почніть зі стану зарядного пристрою як
вимкненого
        // 7 призначена для ШІМ, а 8 - для масиву сонячних панелей
        lcd.backlight();
        for (int batchar = 0; batchar < 6; ++batchar) {
            lcd.createChar(batchar, battery_icons[batchar]);
        }
        lcd.createChar(PWM_ICON, _PWM_icon);
        lcd.createChar(SOLAR_ICON, solar_icon);
        lcd.createChar('\'', backslash_char);
        pinMode(LED_RED, OUTPUT);
        pinMode(LED_GREEN, OUTPUT);
        pinMode(LED_YELLOW, OUTPUT);

```

```

    Timer1.initialize(20); // ініціалізувати timer1 та встановити
період 20мкс
    Timer1.pwm(PWM_PIN, 0); // налаштування pwm на пін 9, 0% робочого
циклу
    Timer1.attachInterrupt(callback); // додає зворотний виклик () як переривання
переповнення таймера
    Serial.begin(9600); // відкрити послідовний порт зі швидкістю
9600 bps:
    ser.begin(9600); // включити програмне забезпечення
    ser.println("AT+RST");
    pwm = PWM_START;
    pinMode(BACK_LIGHT_PIN, INPUT);
    pinMode(Load_PIN, OUTPUT);
    digitalWrite(Load_PIN, LOW);
    digitalWrite(BACK_LIGHT_PIN, LOW);
}
// Основна програма
void loop()
{
    read_data(); // зчитувати дані з входів
    run_charger(); // запустить автомат зарядного пристрою
    print_data();
    load_control(); // керувати підключеним навантаженням
#ifdef ENABLE_DATA_LOGGER
    wifi_datalog(); // посилає дані в режим речей
#endif
}
// Цей звичайний режим зчитує аналогові входи для цієї системи, напругу сонячних
батарей, струм сонячних батарей та напругу блоку АКБ
int read_adc(int channel){
    int sum = 0;
    int temp;
    int i;
    for (i=0; i<AVG_NUM; i++) { // циклічно читати необроблені значення adc
AVG_NUM кількість разів
        temp = analogRead(channel); // прочитати вхідний контакт
        sum += temp; // зберігати суму для усереднення
        delayMicroseconds(50); // паузи на 50 мікросекунд
    }
    return(sum / AVG_NUM); // ділимо суму на AVG_NUM, щоб отримати
середнє значення та повернути його
}
// Ця програма зчитує всі аналогові вхідні значення для системи. Потім він помножує
їх на шкалу коефіцієнт для отримання фактичного значення у вольтах або амперах.
void read_data(void) {
    sol_amps = (read_adc(SOL_AMPS_CHAN) * SOL_AMPS_SCALE -13.51); //вхід струму
сонячних панелей

```

```

        sol_volts = read_adc(SOL_VOLTS_CHAN) * SOL_VOLTS_SCALE;           //вихід струму
сонячних панелей
        bat_volts = read_adc(BAT_VOLTS_CHAN) * BAT_VOLTS_SCALE;           //вихід напруги
блоку АКБ
        sol_watts = sol_amps * sol_volts ;                               //розрахунки
сонячних ват
    }
    Це звичайна програма переривання для Timer1, яка виникає кожні 20мкс.
    void callback()
    {
        if (interrupt_counter++ > ONE_SECOND) {                          // приріст interrupt_counter, поки
не пройшла одна секунда
            interrupt_counter = 0;                                         // скинути лічильник
            seconds++;                                                       // потім лічильник приросту
секунди
        }
    }
    // Ця програма використовує функцію Timer1.pwm для встановлення робочого циклу pwm
    void set_pwm_duty(void) {
        if (pwm > PWM_MAX) {                                               // перевірити межі робочого кільця ШІМ та встановити
значення PWM_MAX
            pwm = PWM_MAX;
        }
        else if (pwm < PWM_MIN) {    // якщо pwm менше PWM_MIN, тоді встановіть його на
PWM_MIN
            pwm = PWM_MIN;
        }
        if (pwm < PWM_MAX) {
            Timer1.pwm(PWM_PIN, (PWM_FULL * (long)pwm / 100), 20); // використовувати
програму Timer1 для встановлення робочого циклу Pwm на 20мкс
            //Timer1.pwm(PWM_PIN, (PWM_FULL * (long)pwm / 100));
        }
        else if (pwm == PWM_MAX) {    // якщо Pwm встановлений на 100%, він буде
повністю, але у нас є
            Timer1.pwm(PWM_PIN, (PWM_FULL - 1), 20);                     // продовжуйте перемикання
встановленого робочого циклу на рівні 99,9%
            //Timer1.pwm(PWM_PIN, (PWM_FULL - 1));
        }
    }
}

```

S U M M A R Y

Backup supply system based on renewable energy sources for private house

The diploma project of first educational level "Bachelor" by specialty 171 Electronics, specialization Electronic Instruments and Devices Ilchenko Volodymyr. National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute». Faculty of Electronics, Department of Electronic Devices and Systems. Academic group DE – 62. - Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2020. - 60 p., Ill. 24, tables 6.

Keywords: photovoltaic cell, hybrid inverter, bidirectional meter, MPRT controller, busk converter.

Summary of the project: The work consists of an introduction of 2 pages, which describes the concept of alternative energy sources, lists the existing types of alternative sources, and methods of obtaining energy from them. The work of the "green tariff" and the possibility of selling electricity are given. The main advantages of power plants whose main energy resource is alternative energy sources are given. The purpose of this work, which is to develop an autonomous power plant based on renewable energy sources, is highlighted.

The first section is devoted to the analysis of the literature on the types of alternative energy. This section includes 18 pages. It contains information on all major types of alternative energy sources, provides an energy map of winds, describes the principle of operation and design of the Savonius rotor and Darier rotor, the principle of operation of power plants running on a particular type of energy, lists the pros and cons of each type of station. operation of the photovoltaic converter, the main types and principle of operation of solar power plants are given: autonomous solar power plant (direct current, alternating current DC / AC), network solar power plant, hybrid solar power plant. The documents that need to be collected for registration of the "green tariff" are listed.

The section ends with the following conclusions: bioenergy plants are the least common type of plants. Due to the complexity of biomass fermentation technology

for biogas production and its further transportation. In recent years, the development of wind energy has accelerated due to the emergence of new types of high-power wind turbines, which in favorable regions can fully provide electricity to a small city. The high efficiency of geothermal power plants in the Scandinavian countries has aroused interest in them. Solar energy is used in all aspects of human life. Starting from space stations, ending with agricultural work. This was one of the main factors in the development of solar energy. After analyzing all the advantages and disadvantages of installations for the production of electricity from alternative sources, it was determined that the most attractive type of power plant is a solar installation. Since there are few factors that affect the operation of the station, ease of operation, relatively low price.

The next section of the work is devoted to the review of the existing element base for the implementation of the station on the basis of solar panels, the calculation of the power consumption of electricity by devices in light and dark time of day. The section is set out on 15 pages. The beginning of the section is devoted to the formulation of requirements for the operation of the power plant, the definition of parameters for the calculation. A comparative characterization of AGM and GEL batteries is performed. The advantages and disadvantages of each of them are listed, and the one that satisfies the requirements is selected.

In the next section, a comparative characterization of a poly and a single-crystal photomodule is performed. As a result of the comparison, it was decided to use a single - crystal photomodule, due to the higher efficiency and better performance in low light. The operation of a hybrid inverter is described step by step. A comparison of the operation of two types of controllers: PWP (power width modulation), and MRRT. The first type involves the use of pulse width modulation, ie the more the battery is charged, the greater the duty cycle of the charging current pulses. The pulse frequency increases with decreasing voltage at the terminals. MRRT controllers also use PWM, but with a dynamic change in pulse length and frequency with increasing battery charge.

To determine the power of the power plant, the total power consumption of the devices and the power of the battery charger were calculated. As a result of calculations, a 3 kW power plant was designed to supply electricity to a private house.

At the end of the section is a block diagram of the designed power plant, with a detailed description of the operation of each functional unit, and the operation of the system as a whole.

The next section is devoted to the development of MRRT battery charge controller. The section is set out on 16 pages. The section begins with a comparative description of the most popular microprocessor platforms: Kinetis, Arduino SMT32. Kinetis is a family of low-power microprocessors based on a 32-bit architecture using ARM Cortex-M0 / M4 / M7 processor cores. STM32 is a family of microcontrollers built on 32-bit ARM Cortex-M7F, Cortex-M4F, Cortex-M3, Cortex-M0 + or Cortex-M0 cores. A line of inexpensive microcontrollers for various purposes, with increased performance and low power consumption. Arduino is a family of devices built on 8, 32-bit AVR microcontrollers Atmega 328 and Atmega2560, respectively. Microcontrollers on the Arduino are distinguished by the presence of a bootloader stitched into the controller, with which the user loads the program into the microcontroller without the use of separate hardware programmers. After analyzing the most popular microcontroller platforms, the ideal microcontroller for this task is the Arduino. Since it does not require high computing power, low cost and ease of operation. At the given capacities of system, the busk converter is used as the voltage converter. The principle and features of this type of converter are described. The calculation of capacitance and inductance for efficient operation of the converter is performed.

Based on the calculated data, the electrical schematic diagram of the charge controller was developed. Then the principle of interaction of the basic power elements, and the scheme as a whole is analytically described

The last subsection in the third section is the reduction of the overall dimensions of the main elements of the circuit for the dilution of the printed circuit board. The

section ends with the following conclusions: an analysis of all existing alternative energy sources, lists the pros and cons of using power plants that operate on each of these sources. The comparative characteristic is carried out and systems on photovoltaic converters are chosen as an energy source. The advantages of this type of system are: no noise during operation, which allows you to place the panels anywhere, the ability to work without maintenance, full automation, ease of operation. The conditions of operation of the station according to the "green tariff" are described. The sequence of actions and the principle of connection are listed. A comparative characterization of poly and single-crystal solar cells is performed. A comparison of AGM and GEL batteries is performed. The GEL battery is chosen as the backup power supply, as the battery plates are almost always wet due to the viscous electrolyte, which in turn extends the service life. GEL battery is designed for more charging cycles compared to AGM, resistant to recharging, which is important for the system. A 3 kW hybrid inverter was chosen as the inverter. Due to the high efficiency, it converts voltage almost without losses, the shape of the output signal is an ideal sine wave. The total power consumption of the house in the light and dark part of the day is calculated. In daylight, the power consumption was 1.8 kW / h. Power consumption in the dark was 0.53 kW / h. The power of the charger for the battery was 0.96 kW / h. Based on the above capacities, a station with a total capacity of 3 kW was designed. To power the devices in the dark, the capacity of the battery was calculated, which amounted to 334 A * h. To obtain the maximum power of the solar panel, a charge controller was developed, the principle of operation of which is based on the MRRT algorithm. The principle of operation of the algorithm and the expediency of using controllers working on this algorithm are described.

The next section is a list of references. 40 sources were reviewed and used to review literature from books and Internet resources